# BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

# SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

# BULLETIN DES SÉANCES

DE LA

# SOCIÉTÉ DES SCIENCES

## DE NANCY

ANCIENNE SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE STRASBOURG

FONDÉE EN 1828

---

Série III. — Tome X. — Fascicule I à IV

10e ANNÉE — JANVIER-DÉCEMBRE 1909

---

BERGER-LEVRAULT ET Cie, ÉDITEURS

PARIS
RUE DES BEAUX-ARTS, 5—7

NANCY
RUE DES GLACIS, 18

1909

# SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

## BUREAU ET CONSEIL D'ADMINISTRATION

Pendant l'année 1909

| | | MM. |
|---|---|---|
| Bureau | *Président* | Dr Vuillemin. |
| | *Vice-Président* | Grand'Eury. |
| | *Secrétaire général* | Grélot. |
| | *Secrétaire annuel* | Coppey. |
| | *Trésorier* | Brunotte. |
| *Administrateurs* | | Dr Gross. |
| | | Le Monnier. |
| | | Charpentier. |

# LISTE DES MEMBRES

## COMPOSANT LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE NANCY

Arrêtée au 31 décembre 1909

### I. MEMBRES TITULAIRES

INSCRITS PAR RANG D'ANCIENNETÉ

1. Dr Gross O ✻, doyen de la Faculté de médecine. 16 décembre 1868.
2. Dr Bernheim ✻, professeur à la Faculté de médecine. 5 mai 1873.
3. Dr Friant ✻, professeur honoraire de la Faculté des sciences. 19 janvier 1874.
4. Le Monnier ✻, professeur à la Faculté des sciences. 18 juin 1877.

5. Dr Charpentier ✻, profess. à la Faculté de médecine. 2 mars 1879.
6. Godfrin, directeur de l'École supérieure de pharmacie. 24 novembre 1879.
7. Floquet ✻, doyen de la Faculté des sciences. 19 janvier 1880.
8. Dumont, docteur en droit, bibliothécaire en chef de la Bibliothèque universitaire. 16 janvier 1881.
9. André, architecte. 1er mars 1882.
10. Blondlot O ✻, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences. 2 juin 1882.
11. Henry, professeur à l'École forestière. 1er décembre 1882.
12. Dr Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine. 1er décembre 1882
13. Hasse, professeur honoraire de l'École normale d'instituteurs. 1er mars 1883.
14. Millot, ancien lieutenant de vaisseau, chargé de cours honoraire à la Faculté des sciences. 17 mai 1883.
15. A. de Metz-Noblat ✻, homme de lettres. 3 juillet 1883.
16. Klobb, profess. à l'École supér. de pharmacie. 15 février 1884.
17. Brunotte, professeur à l'École supérieure de pharmacie. 15 février 1884.
18. Abbé Chevalier, licencié ès sciences, ancien professeur à l'École Saint-Sigisbert. 1er décembre 1884.
19. Riston, docteur en droit. 16 janvier 1885.
20. Bertin, rentier. 16 janvier 1885.
21. Guntz ✻, professeur à la Faculté des sciences. 16 janvier 1885.
22. Monal, pharmacien, ancien chef des travaux chimiques à la Faculté des sciences. 1er mars 1887.
23. Mer, ancien inspecteur des forêts. 16 mai 1887.
24. Dr Knœpfler, ancien chef de clinique à la Faculté de médecine. 20 février 1888.
25. Abbé Harmand, ancien professeur au Collège de la Malgrange, à Docelles (Vosges). 16 juin 1888.
26. Wœlflin ✻, ancien capitaine du génie. 14 janvier 1889.
27. De Schauenbourg, avocat à la Cour d'appel. 14 janvier 1889.
28. Muller, professeur à la Faculté des sciences. 3 février 1890.
29. Guyot, professeur à la Faculté des sciences de Besançon (Doubs). 3 février 1890.
30. Minguin, professeur à la Faculté des sciences. 3 février 1890.
31. Dorez, pharmacien de 1re classe. 3 février 1890.
32. Imbeaux ✻, ingénieur en chef des ponts et chaussées, docteur en médecine. 1er mai 1892.
33. Nicklès ✻, professeur à la Faculté des sciences. 20 juillet 1893.
34. Jolyet, professeur à l'École forestière. 15 mars 1894.

35. Grélot, professeur à l'École supér. de pharmacie. 1er mars 1895.
36. Noël, industriel à Liverdun. 16 mars 1896.
37. Beaupré (le comte J.), archéologue. 16 mars 1896.
38. Michaut ✻, ingénieur des ponts et chaussées. 1er février 1897.
39. Guyot O ✻, directeur de l'École nationale des Eaux et Forêts. 16 janvier 1899.
40. Maire, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen (Calvados). 2 février 1899.
41. De Bouville, inspecteur adjoint, attaché à la Station d'expériences de l'École nationale des Eaux et Forêts. 1er décembre 1899.
42. Grand'Eury ✻, membre correspondant de l'Institut, professeur honoraire de l'École des mines de Saint-Étienne. 1er février 1900.
43. Méchin, licencié ès sciences physiques et naturelles, professeur au Lycée de Laval. 1er mars 1900.
44. Dr Meyer, professeur à la Faculté de médecine. 1er mars 1900.
45. Chevallier, licencié ès sciences, chef des travaux de minéralogie à la Faculté des sciences. 1er mars 1900.
46. Goury, avocat, docteur en droit. 1er juin 1900.
47. Mathieu-Mieg, de Mulhouse. 2 février 1901.
48. Girardet, professeur agrégé à l'École supérieure de pharmacie. 1er mars 1901.
49. Loppinet, ancien conservateur des Eaux et Forêts. 15 juin 1901.
50. Molk, professeur à la Faculté des sciences. 2 décembre 1901.
51. Joly, licencié ès sciences, chargé de cours à la Faculté des sciences. 15 mai 1902.
52. Dr Guérin, professeur à l'École supérieure de pharmacie. 15 janvier 1903.
53. Bruntz, docteur ès sciences, chargé d'un cours à l'École supérieure de pharmacie. 15 janvier 1903.
54. Rabischong, pharmacien, docteur de l'Université de Nancy. 15 janvier 1903.
55. George, inspecteur adjoint des Eaux et Forêts, à Lunéville. 2 février 1903.
56. Schmidt, pharmacien à Saint-Dié. 16 février 1903.
57. Cuif, inspecteur adjoint, attaché à la station de recherches de l'École nationale des Eaux et Forêts. 1er décembre 1903.
58. Dr Paquy ✻, médecin-major de 1re classe. M. A. 15 décembre 1899 ; M. T. 31 décembre 1904.
59. Noël, ancien élève de l'École normale supérieure, attaché à la direction des travaux publics de Tunisie, à Tunis. 15 juin 1905.
60. Gutton, professeur à la Faculté des sciences. 1er mars 1906.

61. Vogt, professeur à la Faculté des sciences (1). 1er mars 1906.
62. Engel, pharmacien à Tucquegnieux (Meurthe-et-Moselle). 1er mars 1906.
63. Huffel, professeur à l'École forestière. 15 mai 1907.
64. Coppey, professeur au Lycée. 15 juin 1907.
65. Thiriet, pharmacien de 1re classe, droguiste à Nancy. 1er février 1908.
66. Dr Benech C ✻, médecin-inspecteur du cadre de réserve. 1er février 1908.
67. Chassagne, pharmacien à Épinal (Vosges). 1er février 1908.
68. Ancel, professeur à la Faculté de médecine. 2 mars 1908.
69. Bouin, professeur à la Faculté de médecine. 2 mars 1908.

## II. MEMBRES ASSOCIÉS

INSCRITS PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE

De Gonneville ✻, chef d'escadrons de cavalerie. 15 juin 1905.
Gouy de Bellocq, ancien officier d'état-major. 1er mars 1886.
Grandval, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Reims. 1er mars 1904.
Lang (B.), manufacturier à Nancy. 16 mars 1880.
De Montjoie, propriétaire à Villers-lès-Nancy. 2 mars 1888.
Reeb, pharmacien à Strasbourg. 1er mars 1887.
Viard (le baron P.), archéologue, à Nancy. 2 juin 1899.

## III. MEMBRES CORRESPONDANTS

Dr Bagnéris, ancien professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy, à Reims. M. T. 15 janvier 1884; M. C. 14 janvier 1890.
Bartet, conservateur des forêts, à Alençon. M. T. 2 mars 1888; M. C. février 1892.
Barthélemy, archéologue, à Paris. M. T. 16 janvier 1888; M. C. 1er janvier 1894.
Belleville, colonel en retraite, à Toulouse. 18 mai 1874.
Brillouin, maître de conférences à l'École normale supérieure. M. T. 16 janvier 1881; M. C. 15 novembre 1882.
Dr Christian ✻, médecin en chef de la Maison nationale de Charenton. M. T. 22 janvier 1877.
Dr Collignon, médecin-major de 1re classe en retraite, à Jaulny (Meurthe-et-Moselle). M. T. 9 juin 1879; M. C. 15 novembre 1881.

---

(1) Conformément à l'article 20 des statuts, M. Vogt, ayant versé une somme de 300 francs, est *membre à vie*.

Dr Engel, professeur au Conservatoire des arts et métiers, à Paris. M. T. 5 mai 1875.

Fiessinger, docteur en médecine à Oyonnax (Ain). 1er décembre 1881.

Dr Guillemin O ✻, ancien directeur du service de santé du 20e corps, à Nancy. M. T. 1er juillet 1887; M. C. 14 janvier 1889.

Guimarães (Rodolpho), officier du génie, à Lisbonne. 1er février 1900.

Dr Haro ✻, médecin principal en retraite, à Montpellier. M. T. 16 avril 1877; M. C. 3 janvier 1881.

Hirsch, ingénieur des ponts et chaussées, à Paris. M. T. 5 mai 1873.

Jourdain, ancien professeur à la Faculté des sciences de Nancy, à Portbail (Manche). M. T. en 1877; M. C. 8 décembre 1879.

Keller, ingénieur des mines, à Paris. 19 juillet 1871.

Dr Kœhler ✻, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. M. T. 2 février 1880; M. C. 2 décembre 1889.

Maillard, chef du laboratoire de chimie biologique à la Faculté de médecine de Paris. M. T. 15 décembre 1899; M. C. 16 novembre 1903.

Mangin ✻, professeur au Lycée Louis-le-Grand, à Paris. M. T. 24 novembre 1879; M. C. 15 novembre 1881.

Muntz, ingénieur des chemins de fer de l'Est, à Paris. M. T. 5 mai 1873.

Dr Nicolas, professeur à la Faculté de médecine de Paris. M. T. 16 février 1887; M. C. 15 novembre 1907.

Pérot ✻, directeur du laboratoire d'essai au Conservatoire des arts et métiers, à Paris. M. T. 1er juin 1886; M. C. 15 mai 1889.

Poincaré C ✻, membre de l'Institut, inspecteur général de l'Instruction publique. 1er juin 1891.

Reber, pharmacien honoraire, à Genève. 1er décembre 1899.

Rœderer, ingénieur des ponts et chaussées. M. T. 5 mars 1877.

Thouvenin, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Besançon. M. T. 1er mars 1883; M. C. 15 décembre 1890.

# PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

## ANNÉE 1909

### *Séance du 15 janvier*

**Présidence de M. Vuillemin, président.**

M. Loppinet, président sortant, prononce une allocution et transmet la présidence à M. Vuillemin.

*Félicitations.* — M. le Président présente les félicitations de la Société à deux de ses membres, MM. Friant et Wœlflin, nommés récemment chevaliers de la Légion d'honneur.

*Hommage d'auteur.* — M. Joly fait hommage à la Société de sa très importante thèse intitulée : *Étude géologique sur le Jurassique inférieur et moyen de la bordure nord-est du bassin de Paris.*

*Correspondance.* — M. le Président fait part de la démission de M. Favrel comme membre de la Société.

La Société de vulgarisation des sciences naturelles des Deux-Sèvres, récemment constituée, demande l'échange du Bulletin de notre Société contre ses futures publications. La Société des sciences de Nancy étant déjà en relation avec la Société botanique des Deux-Sèvres, l'assemblée décide de remettre l'examen de cette proposition après l'apparition des premiers travaux de la nouvelle société.

#### COMMUNICATION

M. Henry : *Théorie nouvelle de la captation de l'azote atmosphérique par les plantes.*

Cette communication donne lieu à l'exposé de quelques observations par MM. Mer, Coppey et Vuillemin.

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

### *Séance du 1er février*

Présidence de M. Vuillemin.

*Correspondance.* — M. le Président fait part à l'assemblée d'une lettre de M. Fedde, directeur du *Botanischer Jahresbericht*, qui demande, pour l'analyser dans ce recueil, communication d'un travail de Petitmengin sur la géographie botanique du mont Viso. Le fascicule du Bulletin de la Société contenant ce travail sera envoyé à M. Fedde.

*Dons de publications.* — La Société des sciences naturelles des Ardennes offre à notre Société de lui compléter la collection de son Bulletin.

M. le professeur Gaspare Ampolla fait hommage à notre Société d'un volume des *Annali della R. stazione chimico agraria sperimentale di Roma.*

Des remercîments seront adressés pour ces offre et don.

*Félicitations.* — M. le Président annonce à l'assemblée l'élection à l'Académie des sciences de M. Louis Mangin, professeur au Muséum, membre correspondant de notre Société. En exprimant tout le plaisir qu'il éprouve à faire une telle communication, M. le Président rappelle que M. Mangin fut membre actif de notre Société, à laquelle il communiqua ses premiers travaux.

#### COMMUNICATIONS

MM. Minguin et Wohlgemuth : *État en dissolution des tartrates d'amines grasses et aromatiques, révélé par le pouvoir rotatoire.*

M. Coppey : *Sur* Phascum Lotharingicum, *nova species.*

Cette dernière communication paraîtra à sa place, dans le Bulletin, à la suite du travail intitulé : *Les Muscinées des environs de Nancy.*

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

### *Séance du 15 février*

Présidence de M. Vuillemin.

*Correspondance.* — M. le Président fait part à l'assemblée des remercîments de M. Louis Mangin à l'adresse de félicitations qui lui avait été envoyée à propos de son élection à l'Académie des sciences. Est communiquée ensuite une invitation de l'Académie des sciences de

New-York à fêter le cinquantenaire de l'apparition du livre de Darwin sur l'*Origine des espèces*, en même temps que le centenaire de la naissance de son célèbre auteur.

*Offre d'échange.* — Un fascicule de la publication intitulée *The Wilson Bulletin*, du *Wilson ornithological Club* d'Oberlin (Ohio), a été envoyé à notre Société, accompagné d'une demande d'échange avec notre Bulletin. La réponse est ajournée.

## COMMUNICATIONS

M. Cuif : *Influence du couvert sur la température du sol à diverses profondeurs.*

Cette communication est l'objet d'une discussion de la part de MM. Coppey, Guntz, Wœlflin et Imbeaux.

MM. Guntz et Martin : *Sur les nitrates ammoniacaux anhydres de manganèse, nickel et cobalt.*

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

### *Séance du 1er mars*

Présidence de M. Vuillemin.

*Hommages d'auteur.* — La Société a reçu en hommage deux notes de M. Nicklès, l'une sur *Le Lias de Tournemire*, l'autre *Sur l'existence de la houille à Gironcourt-sur-Vraine* (*Vosges*).

## COMMUNICATIONS

M. Henry : *Les maladies du châtaignier en France, Portugal, États-Unis.*

A propos du *Liparis chrysorrhea* dont il est question dans cette communication, M. Vuillemin rappelle que, sur la demande des Américains, M. Houlbert a expédié aux États-Unis 15.000 nids recueillis en France. Dès l'éclosion, deux sortes d'Hyménoptères parasites du *Liparis* se mirent à ronger ses chenilles. (Ass. française pour l'av. des sciences. Congrès de Reims, 1907.)

M. Coppey : *Nouvelle contribution à l'étude des Muscinées de la Grèce.*

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

### *Séance du 15 mars*

**Présidence de M. Vuillemin.**

*Compte rendu du trésorier.* — A la suite de l'exposé du compte rendu financier de l'exercice 1908, M. Brunotte, trésorier, fait remarquer que les dépenses de cette année ont été considérables et dépassent de beaucoup la moyenne des recettes annuelles.

Ces dépenses ont été pourtant couvertes par des économies faites antérieurement et placées provisoirement à la caisse d'épargne. Il n'a pas été nécessaire d'entamer le capital constitué par les cotisations des membres perpétuels.

Par prudence, les notes d'imprimerie seront dorénavant soldées après l'impression de chaque fascicule du Bulletin.

**COMMUNICATION**

M. Nicklès : *La préparation et la préservation des fossiles, d'après M. Bather.*

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

### *Séance du 1er avril*

**Présidence de M. Vuillemin.**

*Avertissement du trésorier.* — M. Brunotte, trésorier, expose qu'à la suite de la décision prise à la dernière séance, il s'est fait remettre les factures des deux fascicules du Bulletin non encore soldées. Le montant de ces factures devant être prélevé sur les recettes de 1909, qui en seront fortement entamées, il est décidé que la commission chargée de surveiller l'impression du Bulletin interviendra pour juger de l'opportunité de la publication des prochains fascicules.

*Démission.* — M. l'abbé Boulanger, n'ayant pas accepté sa quittance pour 1909, est considéré comme démissionnaire.

*Correspondance.* — La direction de l'Exposition de Nancy a prévenu qu'elle mettait à la disposition de la Société des sciences une tablette de $1^{m}50$ sur 50 centimètres de profondeur avec, en arrière, une surface murale de 1 mètre carré ; cet espace sera occupé par les publications de la Société, par les récompenses qu'elle a obtenues jusqu'ici et quelques planches de son Bulletin. Toutefois, ceux des fasci-

cules du Bulletin dont la Société ne possède plus qu'un seul exemplaire ne seront pas exposés.

### COMMUNICATIONS

M. Goury : *L'enceinte d'Haulzy (Marne) et sa nécropole.*

M. Henry : *La ronce arbrisseau* (Rubus fruticosus), *plante nuisible au Chili.*

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

## *Séance du 3 mai*

Présidence de M. Vuillemin.

En raison du congé de Pâques, aucune séance n'a eu lieu le 15 avril.

M. Grélot, secrétaire général, obligé de s'absenter pendant un mois, adresse une lettre d'excuses.

*Hommage d'auteur.* — M. Vuillemin présente une étude de M. Paul Bertrand : *Sur la fronde des Zygoptéridées.*

En résumant les conclusions de l'auteur, M. Vuillemin fait remarquer quel intérêt considérable est lié à la connaissance de ce groupe de Cryptogames, le plus ancien de ceux qui nous ont laissé d'importants documents fossiles.

### COMMUNICATIONS

MM. Mathieu-Mieg et G. Stehlin : *La mer miocène dans le bassin du haut Rhin* (Note présentée par M. Nicklès).

MM. L. Spillmann et L. Bruntz : *Les néphrophagocytes des Mammifères.*

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

## *Séance du 15 mai*

Présidence de M. Grand'Eury, vice-président.

La séance a lieu au laboratoire de géologie de la Faculté des sciences.

*Correspondance.* — La Société a reçu une demande d'échange de publications de la part de la Société scientifique de Chévtchénko, à Lemberg (Autriche). Réponse ajournée.

*Avis.* — M. Nicklès annonce à la Société que le laboratoire de géologie de la Faculté des sciences s'est rendu acquéreur de la collection Buvignier contenant un grand nombre de types de fossiles du jurassique lorrain. Une note sera publiée à ce sujet dans le Bulletin.

### COMMUNICATIONS

MM. R. Nicklès et H. Joly : Présentation d'un plan relief de la topographie souterraine de la surface du Rhétien dans les départements de Meurthe-et-Moselle et des Vosges.

M. H. Joly : Présentation du plan géologique en relief de la concession du minerai de fer de Droitaumont (MM. Schneider et Cie).

Ces plans, après avoir figuré à l'Exposition de Nancy de 1909, seront déposés au laboratoire de géologie de M. Nicklès.

MM. l'abbé Harmand et R. Maire : *Contribution à l'étude des Lichens de la Grèce* (Mémoire présenté par M. A. Coppey).

Les membres présents à la séance expriment le vœu que quelques dessins viennent compléter, dans ce mémoire, la description des espèces nouvelles.

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

## *Séance du 15 juin*

**Présidence de M. Vuillemin.**

*Correspondance.* — La Société a été invitée, par M. le Président de l'Académie de Stanislas, à assister à la séance du 27 mai de cette académie. L'invitation est parvenue postérieurement à cette date.

L'Académie des sciences de New-York, possédant une partie seulement des publications de la Société, demande que sa collection lui soit complétée. Ce désir sera satisfait dans la mesure du possible.

M. le Président de l'Association française pour l'avancement des sciences invite la Société à collaborer au congrès qui aura lieu à Lille le 2 août 1909.

### COMMUNICATIONS

M. E. Henry : *Le Capricorne domestique* (Xylotrupes bajulus) *destructeur de poteaux télégraphiques.*

M. R. Nicklès : *Sur l'existence du Séquanien corralligène dans le département de la Meuse.*

M. A. Coppey : *La flore bryologique des basses Vosges gréseuses du Nord et du Sud.*

Cette dernière communication sera publiée, en partie seulement, dans le travail intitulé : *Les Muscinées des environs de Nancy.*

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

## *Séance du 18 novembre*

Présidence de M. Vuillemin.

*Correspondance.* — M. le Président annonce la démission de M. Cartan, nommé maître de conférences à la Sorbonne. M. Cartan est élu membre correspondant.

M. Bayet, directeur de l'enseignement supérieur, invite la Société à envoyer des délégués au Congrès des sociétés savantes, qui aura lieu à Paris en 1910. Le programme des travaux et les renseignements utiles sont à la disposition des membres de la Société qui désireront se rendre à ce congrès.

M. le Président de l'Académie internationale des sciences physiques, chimiques et naturelles de Naples annonce que cette Société a décerné le diplôme de membre d'honneur au président de la Société des sciences de Nancy.

*Distinctions honorifiques.* — M. le Directeur de l'Exposition de Nancy annonce que la Société a obtenu un diplôme d'honneur pour sa participation à cette exposition. M. le Président adresse les remercîments de la Société à M. le Secrétaire général, qui a organisé cette exposition, et à ceux de ses membres à qui elle est plus particulièrement redevable de ce succès.

M. Benech, membre actif, a été nommé commandeur de la Légion d'honneur.

M. Kœhler, membre correspondant, a été nommé chevalier de la Légion d'honneur.

M. Nicklès, membre actif, a été nommé chevalier de la Légion d'honneur.

En adressant les félicitations de la Société aux nouveaux promus, M. le Président fait remarquer combien les travaux de science pure peuvent avoir d'influence, à un moment donné, sur des découvertes pratiques les plus immédiatement utiles.

*Subvention.* — Le conseil général de Meurthe-et-Moselle a renouvelé, pour 1910, sa subvention de 500 francs à la Société.

*Nécrologie.* — M. Arth, membre titulaire, décédé le 16 juillet 1909.

M. Jacquemin, ancien membre fondateur de la Société.

M. le Président adresse un salut ému à la mémoire des disparus et lit une notice, consacrée à M. Arth, parue dans un numéro récent de la *Revue générale des Sciences.*

*Hommage à la Société.* — Mme Fliche a remis à la Société une notice sur *La vie et les œuvres de Paul Fliche.*

## COMMUNICATION

M. Jolyet : *Les bois communs de l'Afrique occidentale française.*

Quelques questions sont posées à l'auteur de la communication par MM. de Metz-Noblat, Coppey et Grélot. M. Henry annonce que des bois du Haut-Niger seront envoyés prochainement à l'École forestière pour servir à des essais.

*Le Secrétaire annuel,*

A. Coppey.

---

### *Séance du 1er décembre*

Présidence de M. Vuillemin.

*Nécrologie.* — La Société royale des sciences de Bohême fait part du décès de M. Karl Domalip, professeur à l'École supérieure technique de Bohême.

Le Comité géologique de Russie fait part du décès de M. Serge Nikitin, géologue en chef du Comité géologique.

*Démission.* — M. le Président annonce la démission de M. Pagel, membre actif de la Société.

*Élection d'un membre correspondant.* — M. Stanislas Meunier, professeur de géologie au Muséum national d'histoire naturelle, présenté par MM. Grand'Eury et Vuillemin, est élu membre correspondant à l'unanimité.

L'œuvre de M. Stanislas Meunier est considérable et ne saurait être résumée, même rapidement, dans un simple compte rendu de séance. M. Stanislas Meunier est connu du monde savant tout entier par ses remarquables travaux sur les météorites et sur la géologie expérimentale.

La Société des sciences peut s'enorgueillir de compter un tel savant parmi ses membres correspondants.

## COMMUNICATION

M. de Bouville : *Les repeuplements en écrevisses.*

Cette communication donne lieu à diverses remarques de MM. Millot et Grélot. M. Henry exprime le désir que des recherches plus vastes soient entreprises, après entente avec les propriétaires des cours d'eau. M. Coppey formule le vœu qu'une étude méthodique soit entreprise sur l'alimentation naturelle de l'écrevisse. M. Vuillemin suggère l'idée d'expériences relatives à la possibilité d'une sélection des races plus résistantes.

*Le Secrétaire annuel,*
A. Coppey.

---

## *Séance du 15 décembre*

Présidence de M. Vuillemin.

*Correspondance.* — MM. Cartan et Stanislas Meunier remercient la Société de leur nomination comme membres correspondants.

La Société géologique de France annonce que le prix Danton sera décerné le 31 mars 1910 à l'auteur de la découverte géologique la plus utile à l'industrie, et prie de faire connaître les candidatures avant le 1er janvier 1910.

*Participation à l'Exposition.* — Sur l'invitation de M. le Directeur de l'Exposition internationale de l'est de la France, et en souvenir de la récompense accordée à la Société par le jury de cette exposition, l'achat d'une médaille est voté.

*Nécrologie.* — M. Bardy, président honoraire de la Société philomatique vosgienne, membre correspondant de la Société.

*Présentation d'un nouveau membre.* — M. Gain, présenté par MM. Le Monnier et Vuillemin.

*Renouvellement partiel du bureau.* — M. Nicklès est élu vice-président. M. Coppey est réélu secrétaire annuel. Le bureau de la Société est donc constitué de la manière suivante pour 1910 :

| | |
|---|---|
| *Président* | M. Grand'Eury. |
| *Vice-président* | M. Nicklès. |
| *Secrétaire général* | M. Grélot. |
| *Secrétaire annuel* | M. Coppey. |
| *Trésorier* | M. Brunotte. |

## COMMUNICATIONS

M. Gutton : *La radioactivité de l'eau du sondage au parc Sainte-Marie, à Nancy.*

M. Grand'Eury : *État d'avancement de ses recherches sur les Ptéridospermes du terrain houiller.*

*Le Secrétaire annuel,*

A. Coppey.

# LES BOIS COMMUNS

DE

# L'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE

Par M. A. JOLYET

---

Un pays aussi vaste que l'Afrique occidentale française doit évidemment posséder des types de forêts très divers. En attendant qu'une description et une classification complètes puissent en être faites, il convient de répartir ces forêts entre les six types principaux ci-après, qui se succèdent assez régulièrement du sud-ouest au nord-est, de la côte de l'Océan aux régions désertiques sahariennes.

Cette succession est d'ailleurs manifestement liée à la répartition des pluies dans cette région de l'Afrique.

Au-dessus de l'équateur thermique, la vapeur d'eau se condense en nuages épais d'où tombent des pluies abondantes et surtout presque continuelles d'un bout à l'autre de l'année. Cette zone pluvieuse englobe en Afrique l'immense forêt du Congo belge, comme elle englobe en Amérique la non moins immense forêt du bassin de l'Amazone et en Asie la fôret malaise. En territoire français, elle ne comprend que le Congo méridional. Fort heureusement — pour les personnes qui ne craignent pas la pluie, — les vents du sud-ouest qui règnent sur l'Atlantique refoulent assez loin vers le nord-est la bande équatoriale de nuages (1), si bien que toute notre côte occidentale d'Afrique, jusqu'à l'embouchure de la Casamance, bénéficie d'une pluviosité

---

(1) Millot, *Cours de Météorologie.*

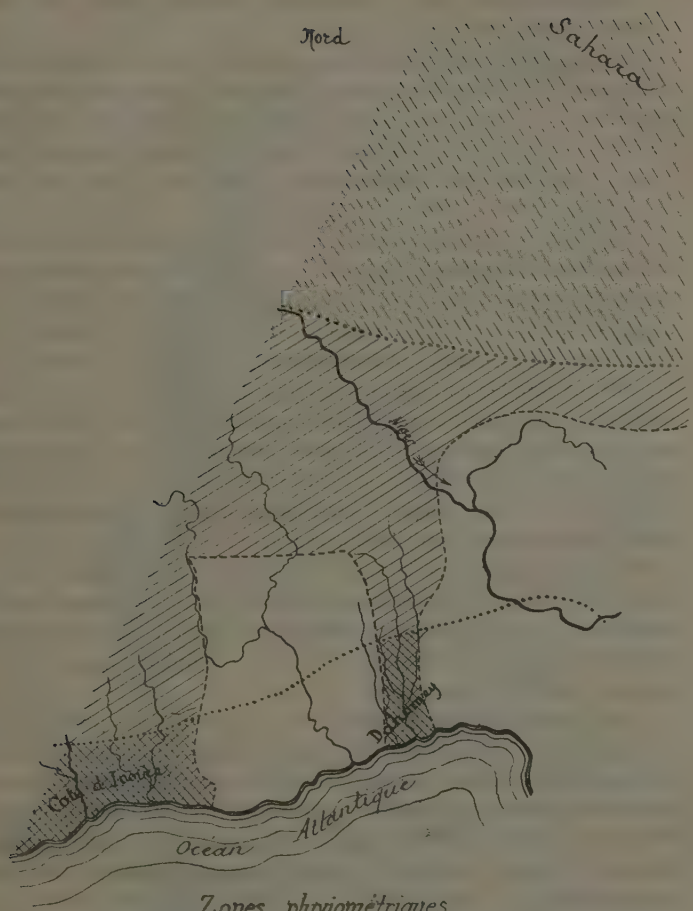
considérable : 1m 30 d'eau annuellement au moins, et même 3 mètres dans les régions littorales de la Côte d'Ivoire (Voir pl. I) (1).

Mais, au fur et à mesure qu'abandonnant le littoral on s'enfonce dans l'intérieur vers le nord-est, la pluviosité diminue, et surtout on voit l'année météorologique se scinder en deux portions bien distinctes : une saison des pluies et une saison sèche. Quelle que soit l'abondance de la pluviosité pendant la première, la seconde provoque une évaporation intense, à laquelle ne peuvent toujours suffire les arbres des forêts ; la situation de ces forêts devient donc de plus en plus précaire, et même la forêt, d'abord rapetissée et clairiérée, finit par disparaître complètement : en même temps qu'une saison sèche chevauchant sur les douze mois de l'année, on trouve le désert, le Sahara...

Dans un mémoire du plus haut intérêt présenté au Congrès colonial de Marseille, l'éminent explorateur M. Auguste Chevalier donne, des forêts qui s'échelonnent du sud-ouest au nord-est, une classification à laquelle il convient de se ranger (Voir pl. II).

Les pays voisins de l'océan Atlantique (depuis la côte jusqu'à 300 kilomètres environ dans l'intérieur) possèdent une silve presque ininterrompue et très dense, que M. Chevalier appelle la **grande forêt vierge** (1er type). C'est la forêt tropicale classique, avec ses lianes, ses épiphytes, ses sous-bois inextricables. Au point de vue forestier, elle est caractérisée par des peuplements très serrés, comprenant un très grand nombre d'espèces d'arbres, dans le mélange le plus désordonné qui se puisse imaginer; ces arbres sont généralement très élevés : les uns, qui mesurent 30 à 40 mètres de hauteur, constituent un étage dominant; en dessous s'étend un étage intermédiaire d'arbres qui ne dépassent pas 20 mètres; enfin un fourré, ou sous-bois, composé de fougères arborescentes, de grandes Liliacées, etc., constitue le troisième élément de cette forêt à trois étages de végétation, qui fait défaut dans nos forêts métropolitaines, sauf dans celles des dunes de Gascogne (pin maritime, chêne-liège, maquis). Si les arbres de la grande forêt vierge sont très élevés, ils ne sont

(1) Les planches I et II ont été dessinées par M. Valentin, adjudant à l'École nationale des eaux et forêts, que je suis heureux de pouvoir remercier ici.




*Zones pluviométriques dans la Côte d'Ivoire et le Dahomey.*

Très humide durant la presque totalité de l'année (*Grandes forêts*).

Saison de pluies alternant avec une saison sèche très marquée (*Savanes*)

Très sec durant la presque totalité de l'année (*Désert*)

PLANCHE I

pas démesurément gros et dépassent rarement 1 mètre de diamètre à hauteur d'homme.

Dans la même zone pluviométrique, mais sur les plages mêmes de l'Océan, la grande forêt vierge se modifie suffisamment pour que M. Chevalier en fasse un type distinct qu'il appelle **forêt littorale** (2e type). Généralement, sur les plages boueuses, au moins, c'est une sorte de taillis de palétuviers, avec quelques palmiers du genre *Borassus,* les Rôniers.

La grande forêt vierge présente encore deux autres modalités : la **forêt des sommets tropicaux** (3e type), peu représentée et surtout mal connue dans nos colonies, où l'on voit apparaître des espèces spéciales, et notamment des résineux (Taxinées et Cupressinées); — enfin, la **forêt claire** (4e type), qui existe çà et là, surtout vers les confins occidentaux de la grande forêt vierge, où la sécheresse commence à faire sentir ses effets. La forêt claire est caractérisée par des peuplements moins serrés et par ce fait qu'aux arbres *hygrophiles,* à feuilles persistantes et molles, se mélangent des *tropophytes,* c'est-à-dire des arbres qui perdent leurs feuilles quand vient la saison sèche.

Plus loin encore vers le nord-est, commence la savane, vaste plaine herbeuse avec des bouquets d'arbres, les **boisés de la savane** (5e type), dont les peuplements, plus ou moins étendus, rappellent ceux de la forêt claire ou se réduisent même à de simples taillis de Mimosées.

Dans les pays même les plus secs, réapparaissent quelquefois des bandes de forêts, d'ailleurs très localisées, qui rappellent par leur exubérance la grande forêt vierge : ce sont des forêts installées dans quelques bas-fonds inondés lors des périodes de crues, et surtout des *lisières* de quelques hectomètres ou quelques kilomètres de largeur bordant les deux rives d'un marigot ou d'un cours d'eau. On conçoit que les inondations apportent alors au sol une masse d'eau qu'il retient et qu'utilisent les arbres pendant la saison sèche. M. Chevalier leur donne le nom de **forêts en galerie** (6e type), qui donne très bien l'idée de ces arceaux de verdure surplombant les rivières.

Plus au nord-est encore, c'est la sécheresse ininterrompue, ou presque. C'est le Sahara... immensité sans forêt, si l'on excepte les *forêts des sommets tropicaux,* couvrant quelques massifs montagneux, et aussi de pauvres buissons de Mimosées

Schéma
de la succession des types de forêts tropicales
de l'Afrique occidentale française
depuis l'Océan jusqu'au Sahara

1 Forêt littorale.
2 Grande forêt vierge
3 Forêt claire.
4 Savane.
5 Forêt en galerie.
6 Forêt des sommets tropicaux
7 Désert

réfugiées au fond d'un oued et établissant une sorte de transition entre le désert absolu et les *boisés des savanes*.

Je pense utile d'établir par des chiffres l'importance de ces forêts africaines. Ils ne peuvent évidemment être qu'*approximatifs*, mais je les crois *sincères*, puisque je les emprunte à des auteurs qu'il est impossible d'accuser d'exagération systématique, MM. Chevalier, Pobéguin et Breschin.

Nos colonies de la côte occidentale posséderaient les étendues de forêts suivantes :

| | |
|---|---|
| Sénégal. . . . . | ? (1) |
| Guinée . . . . . | 7 millions d'hectares (2) |
| Côte d'Ivoire. . . . . | 6 — — (3) |
| Dahomey . . . . . | 1,2 — — |
| Congo . . . . . | 12 — — |
| Total . . . . . | 26 millions d'hectares. |

C'est à peu près le triple de l'étendue des forêts métropolitaines. *Nous nous trouvons donc en face d'un domaine forestier véritablement énorme.* Et l'on se dit aussi que pareil domaine pourrait bien, sans s'épuiser, fournir quelques mètres cubes de bois d'œuvre à la consommation mondiale.

Hélas ! on en est encore bien loin aujourd'hui, et voici se poser devant nous un problème dont la solution me paraît urgente : pourquoi ces forêts ne fournissent-elles pas — ou presque pas — de bois d'œuvre ?

Ce n'est pas le bois qui manque. Loin de là. Des renseignements précis sur le *matériel sur pied* existant dans les forêts de l'Afrique occidentale française ne peuvent être fournis actuellement, mais j'emprunte au travail de M. Chevalier les renseignements qui suivent :

En 1900, le commandant Houdaille écrivait qu'il était possible d'extraire annuellement, pendant cent ans, 300.000 mètres cubes des forêts de la Côte d'Ivoire, sans modifier la situation forestière

---

(1) Je ne possède aucun document à cet égard, mais je sais que toute la vallée de la Casamance est couverte d'une immense forêt, que le colonel Faidherbe se plaisait à comparer aux magnifiques forêts brésiliennes.

(2) Forêts malheureusement morcelées et appartenant très souvent au type de la forêt claire.

(3) C'est du moins l'étendue de la forêt côtière *d'un seul tenant ;* l'hinterland doit renfermer en outre d'autres forêts.

du pays. Le commandant Houdaille parlait évidemment d'exploitations réparties sur toute l'étendue des forêts de la colonie et non pas localisées sur les seuls cantons facilement abordables, lesquels eussent été rapidement anéantis.

Cela n'en suppose pas moins l'existence d'un matériel sur pied *disponible* supérieur à 300 millions de mètres cubes !

D'ailleurs, dans ces mêmes forêts le commandant Houdaille évalue ainsi qu'il suit le matériel sur pied *aujourd'hui exploitable :*

| | | | |
|---|---|---|---|
| Bois de mauvaise qualité. . . . . | 10 | mètres cubes | à l'hectare. |
| — d'ébénisterie. . . . . | 15 | — | — |
| — de charpente et propre au pavage. | 10 | — | — |
| — de menuiserie. . . . . | 15 | — | — |
| Total. . . . . | 50 | mètres cubes | à l'hectare. |

Notre colonie de la Côte d'Ivoire, je m'empresse de le dire, exporte des bois d'ébénisterie. Celui qui paraît avoir conquis la plus grande place sur les marchés de l'Europe et des États-Unis est l'*Acajou d'Afrique,* ou Cailcédrat, *Khaya Ivorensis* et *sp. pl.*, famille des Méliacées.

La consommation mondiale d'acajou est d'environ 200.000 mètres cubes, valant 30 à 40 millions de francs, et notre acajou d'Afrique, de plus en plus apprécié, entre pour une large part dans ce chiffre. Rendus au Havre, les acajous d'Afrique se vendent 120 à 2.000 francs la tonne, soit 140 à 2.200 francs le mètre cube ; le chiffre le plus faible couvre à peine les frais d'exploitation et de transport ; le plus élevé laisse un assez beau bénéfice.

Mais, cette exportation d'acajou et celle de quelques autres bois d'ébénisterie mises à part, on n'enregistre que des constatations décevantes. On ne peut pas — ou on ne veut pas — tirer parti des *bois communs* africains. Voici, par exemple, un fait bien typique, et... navrant. Assez récemment, une scierie s'installait à la Côte d'Ivoire pour débiter les bois d'ébénisterie. Son propriétaire se trouvait naturellement dans la nécessité de construire en bois ses ateliers, hangars et autres dépendances. Pour lui être agréable, la colonie lui offrit gratuitement des arbres qui venaient d'être abattus sur le tracé de la voie ferrée de pénétration. Le propriétaire regarda ces bois, réfléchit et... fit venir des planches et des charpentes en pin sylvestre !

Et, de l'avis des personnes qui ont visité ces régions, il en est

à peu près toujours ainsi. Les bois communs sont importés d'Europe ou du Canada. Très exceptionnellement les bois indigènes sont utilisés pour de minimes usages locaux.

M. Chevalier l'explique par le prix de revient de la main-d'œuvre locale et les frais considérables qu'entraîne la construction d'une scierie. A ce point de vue, je crois que l'on apporterait une grande amélioration à la situation en faisant venir d'Europe quelques bons ouvriers scieurs de long et aussi quelques-uns de ces excellents bûcherons et voituriers des Vosges et du Jura qui montrent tant d'adresse dans le débit en *tronces* des grands sapins et dans le *débardage* de ces tronces. Installés comme contremaîtres, ils arriveraient sans doute à former avec les travailleurs indigènes de bonnes équipes d'ouvriers forestiers, et, en ce qui concerne le débardage, trouveraient moyen d'utiliser les buffles mieux qu'il n'est sans doute fait en ce moment.

Je me suis pourtant posé une autre question : ce dédain que l'on manifeste pour les bois communs indigènes ne serait-il pas légitimé par une inaptitude complète de tous ces bois aux usages courants ?

Pour qu'un arbre puisse servir à faire des planches, il faut :

1° Qu'il ait un *fût,* c'est-à-dire une tige débarrassée de ses branches par l'élagage naturel sur une certaine longueur ;

2° Que ce fût soit assez long et assez gros ; sinon le débit en planches n'est pas avantageux ;

3° Que le bois ne soit pas trop lourd ; sinon les planches ne sont pas maniables ;

4° Que le bois soit assez tendre pour qu'on puisse facilement le scier, le raboter et y enfoncer des pointes ;

5° Que le bois ait cependant une élasticité suffisante et qu'il puisse supporter sans se rompre des charges assez fortes.

Certes, on trouvera difficilement des arbres qui réunissent toutes ces qualités au même titre que les résineux et surtout que les résineux qui, ayant vécu dans des pays élevés en latitude ou en altitude, ont un bois formé d'anneaux ligneux très réguliers et très minces. Mais on ne fait pas des planches avec les seuls résineux. On en fait avec du hêtre, avec du peuplier et beaucoup d'autres feuillus, de qualités fort diverses. Il serait donc singulier que parmi la multitude des essences forestières tropicales aucune ne se prêtât au débit en planches, lequel serait infiniment plus

intéressant que le débit en bois de marqueterie et de placage, dont la consommation est forcément restreinte.

Je compte entreprendre cette étude, car j'ai la conviction que j'arriverais à des résultats encourageants. Ainsi, tout en gardant la réserve qui m'est commandée tant que je n'aurai pu procéder aux essais projetés, je puis citer une trentaine d'essences forestières de l'Afrique tropicale française me paraissant *a priori* devoir être utilisables en menuiserie courante.

Voici comment je les ai choisies : dans un récent travail très apprécié et très documenté [1], M. Pobéguin, administrateur des colonies, cite une centaine d'arbres des forêts de la Guinée en indiquant leurs dimensions, les qualités et usages de leur bois.

De cette liste j'ai éliminé systématiquement tous les arbres n'atteignant pas 25 mètres de hauteur totale et 60 centimètres de diamètre à hauteur d'homme. Si j'ai admis quelques espèces d'une hauteur de 20 mètres seulement, c'est à titre exceptionnel, parce que leur bois était particulièrement intéressant ou leur diamètre considérable. J'en ai ajouté quelques autres.

Ainsi sélectionnées, les vingt-huit espèces ci-après se répartissent, quant aux qualités de leur bois, dans les deux catégories que l'on retrouve toujours sous les climats tropicaux :

1° Des bois d'ébénisterie, d'un beau coloris, susceptibles de prendre sous le rabot un *poli* les faisant rechercher pour les meubles de luxe. La question est de savoir s'ils ne seront pas trop lourds ou trop durs pour les emplois de la menuiserie courante ;

2° Des bois dits « communs », blancs ou à peu près blancs, assez et même parfois très légers, considérés aujourd'hui comme des non-valeurs. Non-valeurs en effet pour l'ébénisterie, mais intéressants néanmoins, s'ils ne sont pas mous à l'excès, si leur élasticité est suffisante, s'ils peuvent résister aux charges que doivent supporter les bois de menuiserie employés dans les travaux les plus ordinaires.

Dans ce court exposé, je crois devoir, provisoirement du moins, présenter ces essences groupées par familles botaniques.

---

[1] *Essai sur la flore de la Guinée française*, par H. Pobéguin. Paris, 1908. A. Challamel, éditeur.

D'abord deux familles très voisines : les BOMBACÉES et les STERCULIACÉES.

Leurs représentants sont des arbres à feuilles caduques qui jouent un rôle important dans les *boisés des savanes.* Le plus connu est le classique Baobab ; mais il m'a paru de médiocre intérêt, non seulement parce que son bois mou et spongieux paraît à peu près sans valeur, mais surtout parce que sa forme est défectueuse. Le Baobab, avec son diamètre énorme et son fût dérisoirement court, n'est pas un arbre : c'est un mastodonte.

Au contraire, le Boumbou peut rendre des services. Je dois dire en le nommant que j'ai pensé bien faire en désignant toutes les essences dont il sera parlé par un de leurs noms indigènes (le plus facile à prononcer). Ces noms, plus courts et plus faciles peut-être à vulgariser que les noms scientifiques, sont empruntés généralement à la langue *Malinké,* quelquefois à la langue *Soussou,* ou à des idiomes gabonais.

1. **Boumbou** : *Bombax Buonopenze* (Bombacées).

Hauteur (1), 25 mètres ; diamètre (1), $0^{m}80$ ; densité (2), 0,332 (3).

*Habitat* : Sénégal, Soudan, Côte d'Ivoire, Guinée.

*Bois* blanc, très tendre, facile à travailler.

*Usages locaux :* planches, portes, pirogues, ustensiles divers.

2. **Fromager** : *Eriodendron anfractuosum* (Bombacées).

Hauteur, 30 à 50 mètres ; diamètre, 1 à 3 mètres ; densité, 0,319.

*Habitat :* toute la côte occidentale.

*Bois* blanc rosé, tendre, léger, fibreux, médiocre.

*Usages locaux :* planches, portes, pirogues, charpente, ustensiles divers.

---

(1) Hauteur et diamètre *maximums* atteints par l'arbre.

(2) J'ai calculé les densités sur des échantillons *desséchés à l'air libre,* mais conservés depuis plusieurs années dans les collections de l'École nationale des eaux et forêts, par le procédé, aussi simple que primitif, consistant à diviser le poids de l'échantillon par le volume calculé à l'aide des trois dimensions.

Sans attacher plus d'importance qu'il ne convient à la densité, il paraît cependant permis de considérer comme *devant être probablement :*

Inutilisables en menuiserie courante les bois dont la densité est supérieure à 0,900 ;

D'un emploi difficile en menuiserie courante les bois dont la densité est supérieure à 0,800 ;

Trop mous pour beaucoup d'usages les bois dont la densité est inférieure à 0,400.

(3) Ne disposant pas d'échantillon de ce Bombax, je donne la densité d'un échantillon de *Bombax Malabaricum,* de provenance indienne.

3. **N'Taba** : *Sterculia cordifolia* (Sterculiacées).

Hauteur, 25 mètres ; diamètre, 1 mètre ; densité, 0,219 et 0,519 (1).

*Habitat :* Sénégal, Soudan, Côte d'Ivoire, Dahomey, Guinée.

*Bois* blanc léger, fibreux, se travaillerait assez mal.

*Usages locaux :* néant.

La famille des EUPHORBIACÉES fournit plusieurs arbres dont le bois paraît devoir être propre à la menuiserie. Le plus intéressant, vu ses dimensions, est le suivant :

4. **Kossomo** : (Euphorbiacées).

Hauteur, 25 mètres ; diamètre, $0^m 60$ ; densité, 0,758 (2).

*Habitat :* Soudan, Côte d'Ivoire, Guinée.

*Bois* gris, ressemblant vaguement au bois de noyer, de belle qualité, facile à travailler.

*Usages locaux :* piliers de cases, charpente, menuiserie, ébénisterie.

La famille des ARTOCARPÉES renferme plusieurs essences intéressantes, surtout le Rokko, qui est peut-être celle de toutes les essences de la côte occidentale qui conviendrait le mieux à la menuiserie courante.

5. **Rokko** : *Chlorophora excelsa* (Artocarpées).

Hauteur, 30 à 40 mètres ; diamètre, 1 à 3 mètres ; densité, 0,386 (3).

*Habitat :* depuis la Guinée française jusqu'à l'Angola, — depuis nos colonies jusqu'au Nil, surtout dans les savanes.

*Bois* d'excellente qualité pour la menuiserie ; le tronc, parfaitement régulier, presque cylindrique, s'élève jusqu'à 25 mètres de hauteur sans rameaux, et l'arbre ne présente pas à sa base les épaississements ailés qu'on observe chez d'autres essences, comme le Fromager, et qui occasionnent des déchets considérables lors du débit en planches.

6. **Sili** : (Artocarpées).

Hauteur, 40 mètres ; diamètre, $1^m 30$ ; densité ?

---

(1) Le premier chiffre a été fourni par un échantillon de *Sterculia populifolia*, le deuxième par un échantillon de *St. villosa*, tous deux de provenance indienne.

(2) Ne disposant pas d'échantillon de Kossomo, ignorant même à quel genre appartient cette essence, je donne, un peu au hasard, la densité d'un *Phyllanthus*.

(3) Densité d'un échantillon d'*Antiaris toxicaria*, espèce appartenant à un genre voisin.

*Habitat :* Soudan, Côte d'Ivoire, Guinée.

*Bois* jaune clair.

*Usages locaux :* planches, portes, pirogues, charpente, ustensiles divers.

Dans la famille des RUBIACÉES, plusieurs *Sarcocephalus* ont un bois véritablement excellent pour la menuiserie, et l'on se demande pourquoi leur emploi ne se généralise pas. Je citerai, entre autres, le suivant :

7. **Doundaré** : *Sarcocephalus sp.* (Rubiacées).

Hauteur, 25 mètres; diamètre, 1 mètre ; densité, 0,499 (1).

*Habitat :* Côte d'Ivoire, Guinée.

*Bois* blanc, passant au jaune vif, léger, à grain fin, facile à travailler.

*Usages locaux :* planches, meubles, menuiserie, ustensiles divers.

Les SAPOTACÉES tropicales sont surtout fameuses parce qu'on en extrait un produit des plus précieux, la gutta-percha. Mais plusieurs espèces fournissent un bois qui est un peu lourd, sans doute, mais cependant facile à travailler ; tels sont, par exemple, les « Bois de Nattes », appartenant au genre *Imbricaria*, dont les planches sont un objet de vente courante dans l'île de la Réunion. En Afrique occidentale, les Sapotacées sont particulièrement nombreuses dans les forêts du Gabon, où l'on trouve des *Mimusops*, des *Chrysophyllum*, dont le bois pourrait faire de bonne menuiserie. M. Breschin (2) cite notamment les trois espèces suivantes :

8. **Oréré** : *Tieghemella* (3) *Africana* (Sapotacées).

Hauteur, environ 40 mètres ; diamètre, environ 2 mètres ; densité ? (4).

---

(1) Densité d'un échantillon de *Sarcocephalus cordatus*, de provenance australienne.

(2) A. Breschin, *La Forêt tropicale en Afrique*, in la *Géographie*, n° 4, du 15 octobre 1902.

(3) Dans le n° 4 de la *Géographie*, le nom est orthographié *Teighemella ;* je me suis permis de supposer qu'il y avait là quelque « coquille », et d'adopter le nom de *Tieghemella*, qui me paraît plus probable, puisqu'il rappelle le nom de l'éminent botaniste M. van Tieghem.

(4) L'École ne possède aucun échantillon de *Tieghemella ;* mais dans la famille des Sapotacées j'ai trouvé la densité de 0,772 pour un échantillon de *Chrysophyllum dubium*, et celle de 0,913 pour un échantillon de *Chrysophyllum Cainito*.

*Habitat :* Gabon.
*Bois* rose, dur et résineux.
*Usages locaux :* grosse charpente.

9. **Moabi** : *Tieghemella Heckelii* (Sapotacées).
Hauteur, 45 à 50 mètres ; diamètre, 2 à 3 mètres ; densité
*Habitat :* Gabon.
*Bois* ?

10. **Noungou** : *Tieghemella Jollyana* (Sapotacées).
Hauteur ; diamètre ; densité .
*Habitat :* Gabon.
*Bois* jaune.

Dans la famille des MÉLIACÉES, deux espèces sont intéressantes à notre point de vue, car, si la première est avant tout un bois d'ébénisterie de grande valeur, elle peut aussi trouver d'importants débouchés dans la menuiserie. Quant à la seconde, dont la densité est moindre, elle doit pouvoir rendre les plus réels services.

11. **Acajou** (d'Afrique) : *Kaya Ivorensis* et *sp. pl.* (Méliacées).
Hauteur, 30 mètres ; diamètre, 1 mètre ; densité, 0,786.
*Habitat :* Sénégal, Soudan, Côte d'Ivoire, Guinée.
*Bois* rouge recherché pour l'ébénisterie, lourd, dur, mais pourtant assez facile à travailler.
*Usages locaux :* meubles, charpente, menuiserie, grandes pirogues ; — exporté pour l'ébénisterie.

12. **Touloucouna** : *Carapa Guineensis* (Méliacées).
Hauteur, 20 mètres ; diamètre, 0m 60 ; densité, 0,584 (1).
*Habitat :* toute la côte occidentale.
*Bois* rouge veiné, assez bon, mais peu droit.
*Usages locaux :* peu employé, ce qui peut paraître singulier, étant donné le bel aspect du bois de *Carapa obovata* (seul échantillon du genre *Carapa* possédé par l'École) ; d'ailleurs, une autre espèce africaine, assez commune dans les boisés des savanes, le **Couloucoulou**, *Carapa procera*, donne un beau bois rouge, utilisé pour faire des couples d'embarcations et propre à la menuiserie.

---

(1) Densité d'un échantillon de *Carapa obovata*, de provenance indienne.

Je cite rapidement quelques essences appartenant à des FAMILLES DIVERSES pour arriver au groupe très important des Légumineuses.

13. **Okoumé** : *Boswellia Klaineana* (Burséracées).
Hauteur ; diamètre ; densité, 0,517 (1).
*Habitat :* Gabon.
*Bois* blanc chez l'Okoumé dit « mâle », rose et ressemblant à l'acajou chez l'Okoumé « femelle » (il y aurait donc deux espèces d'Okoumé ?).
*Usages locaux :* pirogues ; exporté pour l'ébénisterie.

14. **Mandji** : *Oldfieldia Africana* (Sapindacées).
Hauteur ; diamètre ; densité
*Habitat :* Gabon.
*Bois :* « Ce beau bois, analogue au chêne, dit M. Breschin (2), peut servir pour la charpente, la menuiserie, l'ébénisterie, le tournage. »

15. **Oba** (3) : *Irvingia Gabonensis* (Simarubacées).
Hauteur, 25 à 30 mètres ; diamètre ; densité
*Habitat :* Gabon.
*Bois* « ayant le grain du teck » (M. Breschin) (2).
*Usages locaux :* néant.

16. **Lami** : *Pentadesma butyracea* (Clusiacées).
Hauteur, 15 mètres ; diamètre, $0^m 80$ ; densité (4).
*Habitat :* Casamance, Côte d'Ivoire, Guinée.
*Bois* rose-rouge, très beau, à grain fin, demi-lourd, se travaillant bien.
*Usages locaux :* planches, charpente, menuiserie, ustensiles divers.

17. **Kouràà** : *Parinarium excelsum* (Rosacées).
Hauteur, 20 mètres ; diamètre, $0^m 70$ ; densité
*Habitat :* Côte d'Ivoire, Guinée.

---

(1) Densité d'un échantillon de *Boswellia thurifera*, de provenance indienne.
(2) Ouvrage cité.
(3) Appelé aussi Manguier sauvage.
(4) L'École ne possède pas d'échantillon de Lami. Une autre Clusiacée indienne à très beau bois rouge, *Mesua ferrea*, accuse une densité considérable : 1,229. Le Lami serait donc plus léger, d'après M. Poréguin, puisqu'il le qualifie de *demi-lourd*. En tout cas, je crains que l'arbre n'ait qu'une longueur de fût insuffisante.

*Bois* gris-rouge, très nerveux, mais peu droit.
*Usages locaux :* meubles.

18. **Krékrété** : *Anogeissus leiocarpus* (Combritacées).
Hauteur, 25 mètres ; diamètre, 1 mètre ; densité, 0,933.
*Habitat :* moyen Niger.
*Bois* blanc-jaune, dur, fibreux.
*Usages locaux :* piliers de cases, planches, charpente.

La famille des LÉGUMINEUSES est représentée dans toute la côte occidentale par un grand nombre d'espèces appartenant aux quatre sous-familles des Césalpiniées, des Swartziées, des Papilionacées et des Mimosées. Les bois des Légumineuses, presque toujours lourds, durs et colorés, se classent aux premiers rangs parmi ceux que l'on exporte pour l'ébénisterie. L'excès même de la dureté et de la densité les rend moins propres à la menuiserie, pourtant il semble qu'il ne serait pas impossible d'utiliser plusieurs espèces comme bois communs.

19. **Sandan** : *Daniella thurifera* (Césalpiniées).
Hauteur, 35 mètres ; diamètre, $1^m 10$ ; densité .
*Habitat :* Soudan, Côte d'Ivoire, Guinée, Congo.
*Bois* rouge à gros grain, assez léger, mais l'aubier est exposé à se piquer [1].
*Usages locaux :* planches, portes, pirogues, charpente.

20. **Sau** [2] : *Macrolobium sp.* (Césalpiniées).
Hauteur, 25 mètres ; diamètre, $0^m 50$ [3] ; densité .
*Habitat :* haut Sénégal, Soudan, haute Côte d'Ivoire, Guinée.
*Bois* gris-rouge ou jaunâtre, excellent pour la charpente et la grosse menuiserie ; l'aubier se pique.
*Usages locaux :* meubles, piliers de cases, charpente.

21. **Tali** ; *Erythrophlæum Guineense* (Césalpiniées).

---

(1) Il en est souvent ainsi de l'aubier des essences tropicales, mais l'emploi des *antiseptiques pénétrants* — qui ont fait l'objet d'intéressantes communications à notre Société des sciences par M. le professeur Henry — permettrait de remédier à cet inconvénient.

(2) Prononcez : « Sao ».

(3) Le Sau, très apprécié par les explorateurs qui l'ont rencontré, atteint malheureusement un diamètre légèrement insuffisant ; mais un autre *Macrolobium : M. Laurentii*, du Congo, est beaucoup plus grand : hauteur, 40 mètres ; diamètre, $3^m 30$ (D'après M. de Wildman, *Mission E. Laurent au Congo*) et, en Guinée, le **Tondo**, *Macrolobium sp.*, atteint : hauteur, 25 mètres ; diamètre, $0^m 80$.

Hauteur, 35 mètres ; diamètre, $0^m 90$ ; densité [1] .

*Habitat :* toute la côte occidentale.

*Bois* gris sombre, lourd et très dur, passe pour imputrescible et inattaqué par les termites.

*Usages locaux :* chaises, menuiserie, tournage ; exporté pour l'ébénisterie.

22. **Tamarinier** ; *Tamarindus Indica* (Césalpiniées).

Hauteur, 20 mètres ; diamètre, 1 mètre ; densité, 0,803.

*Habitat :* toute la côte occidentale (où il a dû être d'ailleurs importé).

*Bois* jaune-clair, dur, lourd, difficile à travailler.

*Usages locaux :* meubles, charpente.

23. **Lingué** ; *Afzelia Africana* (Césalpiniées).

Hauteur, 35 mètres ; diamètre, $1^m 10$ ; densité, 0,758 [2].

*Habitat :* haut Sénégal, Soudan, Côte d'Ivoire, Casamance, Guinée.

*Bois* gris-rouge veiné, très beau.

*Usages locaux :* meubles, planches, grandes pirogues, charpente ; exporté pour l'ébénisterie.

24. **Ko-Néré :** (Césalpiniées) [2].

Hauteur, 25 mètres ; diamètre, $0^m 80$ ; densité ?

*Habitat :* Côte d'Ivoire, Guinée.

*Bois* jaune-clair, fibreux, résistant.

*Usages locaux* : portes, planches, charpente.

25. **Palissandre** [3] **[du Sénégal]** : *Pterocarpus erinaceus* (Papilionacées).

Hauteur, 20 mètres ; diamètre, $0^m 50$ ; densité, 0,861.

*Habitat :* haut Sénégal, Soudan, Guinée, Côte d'Ivoire, Gabon.

*Bois* gris-rouge, veiné, odorant, très beau, dur, mais assez facile à travailler.

*Usages locaux :* meubles, charpente, mortiers à riz, tournage ; exporté pour l'ébénisterie.

---

(1) Une Césalpiniée à bois rouge, très dur, *Cæsalpinia echinata*, du Brésil, accuse une densité de 0,996.

(2) Ressemble à *Pentaclethra macrophylla*, du Gabon.

(3) Le véritable **Palissandre** est fourni par plusieurs espèces de *Dalbergia* (sous-famille des Papilionacées).

26. **Néré** : *Parkia biglobosa* (Mimosées).
Hauteur, 25 mètres ; diamètre, 1 mètre ; densité, 0,452.
*Habitat :* haut Sénégal, boucle du Niger, Guinée, Casamance.
*Bois* blanc, nerveux, mais peu droit et sujet à se piquer.
*Usages locaux :* néant.

27. **Dimba** : *Cordyla Africana* (Svartziées).
Hauteur ; diamètre ; densité .
*Habitat :* Sénégal.
*Bois* jaune, facile à polir.
*Usages locaux :*

28. **Bodo** : *Detarium Senegalense* (Swartziées).
Hauteur, 20 mètres ; diamètre, $0^{m}60$ ; densité, 0,701.
*Habitat :* Sénégal, Côte d'Ivoire, Guinée.
*Bois* gris-rose, léger et résistant.
*Usages locaux :* menuiserie.

En donnant cette liste d'essences, je ne prétends pas à autre chose qu'à faire admettre ce principe : *Les bois tropicaux ne doivent pas* a priori *être considérés comme inutilisables dans la menuiserie courante.*

Plus tard, si la chose m'est possible, je chercherai à me faire une idée plus précise de la qualité de chacun d'eux.

Outre la densité qui est un indice — bien insuffisant d'ailleurs — de la dureté du bois (1), je voudrais établir :

1° *La résistance à la flexion.* — C'est assez facile en soumettant à des charges connues des barreaux d'une section donnée, comme l'ont fait déjà le capitaine Sébert pour les bois de la Nouvelle-Calédonie (2), et plusieurs autres expérimentateurs ;

2° *La résistance au travail des outils.* — Ne disposant pas du matériel du Conservatoire des arts et métiers, et surtout ne pos-

---

(1) Densités du bois de quelques essences indigènes, moyennes calculées d'après les chiffres donné par A. Mathieu (*Flore forestière de la France*) :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Buis | 1,035 | Érable-sycomore | 0,655 |
| Cornouiller mâle | 0,979 | Tilleul à petites feuilles | 0,543 |
| Charme | 0,831 | Peuplier du Canada | 0,428 |
| Alisier torminal | 0,824 | If | 0,683 |
| Hêtre | 0,797 | Pin sylvestre | 0,617 |
| Chêne rouvre | 0,796 | Sapin | 0,515 |

(2) H. Sébert, *Notice sur les bois de la Nouvelle-Calédonie.* Paris, Athus Bertrand, éditeur.

sédant pas la science d'un ingénieur, je me heurterai ici à des difficultés plus sérieuses. J'ai pourtant combiné déjà quelques appareils qui me permettront, je l'espère, d'*ébaucher* suffisamment le travail pour montrer que la question présente un intérêt pratique et pour déterminer d'autres chercheurs à porter leur attention de ce côté.

Je serais heureux, en tout cas, que les personnes qui s'intéressent aux bois coloniaux, que les exploitants de ces forêts, les négociants de nos grands ports voulussent bien songer à adresser à l'École nationale des eaux et forêts des matériaux d'étude. C'est en unissant tous les efforts que l'on peut arriver à mettre en valeur, dans les 26 millions d'hectares des forêts françaises de la côte occidentale d'Afrique, un matériel qui mérite certainement mieux que de servir de nourriture aux termites.

---

# PULLULATION CALAMITEUSE DU LAPIN

## EN ALLEMAGNE

Par M. E. HENRY

---

Le lapin (*Lepus cuniculus* L.) n'est pas un animal indigène pour la France septentrionale ni, à plus forte raison, pour l'Allemagne. Un certain nombre de naturalistes admettent que l'Europe méridionale, notamment l'Espagne, est sa patrie originelle ; selon d'autres, il proviendrait du nord de l'Afrique.

Au Moyen Age, il a été introduit dans les régions sablonneuses de la France septentrionale, de la Belgique, de la Hollande, de l'Angleterre, de l'Allemagne et même du Danemark pour le plaisir de la chasse. C'est en vain qu'on a cherché à l'acclimater en Suède et en Russie. Le Danemark et l'Allemagne du Nord avec le Mecklembourg restent les régions les plus septentrionales où le lapin puisse vivre et se multiplier (1).

Depuis quelques années il pullule même à tel point dans le Mecklembourg, il y exerce des ravages tellement excessifs que les pouvoirs publics de cette province ont dû prendre des mesures exceptionnelles pour sa destruction (2).

---

(1) Ce n'est pas seulement dans l'hémisphère nord qu'il a été importé. On sait quels énormes ravages il cause dans l'Australasie, où il a été très imprudemment introduit. Les points les plus extrêmes vers le sud où il prospère dans l'hémisphère austral sont, croyons-nous, les îles Malouines ou Falkland situées sous le 52° de latitude. Dans l'hémisphère nord il atteint le 55°. Le lapin se rencontre donc sur une zone très large embrassant 107°.

« Je n'aurais pas supposé, dit Darwin dans son livre si instructif, *Voyage d'un naturaliste autour du monde*, livre qui fait pressentir déjà si nettement le génial auteur de l'*Origine des Espèces*, que ces animaux, indigènes de l'Afrique septentrionale, aient pu vivre dans un climat aussi humide que celui de ces îles et où le soleil brille si peu que le blé ne mûrit que fort rarement. On affirme qu'en Suède, pays qu'on aurait pu regarder comme plus favorable au lapin, il ne peut vivre en plein air. En outre, les premiers couples importés ont eu à lutter contre des ennemis préexistants, le renard et quelques grands faucons. »

(2) Le 6 décembre 1907, la Diète de Mecklembourg a voté une loi autorisant la police à forcer les propriétaires des chasses, sur la demande des personnes lésées, à détruire

C'est un fait assez curieux et anormal que cette multiplication extraordinaire d'un animal aux limites de son aire d'habitation, non pas même de son aire *naturelle,* mais de son aire *artificielle* beaucoup plus étendue. Il y a là une sorte d'exception aux lois de la géographie zoologique. Chose plus curieuse encore, le lapin, dont les dégâts agricoles et forestiers sont trop connus pour que nous y insistions, commet dans les forêts du Mecklembourg des ravages spéciaux, sortant tout à fait de ses habitudes ordinaires et qui n'ont pas encore été signalés ailleurs.

Enfin il est bon qu'en France nous soyons avertis de ce qui se passe à nos frontières, pour que nous puissions nous mettre sur nos gardes. Car ce n'est pas seulement au fond de la Prusse que le lapin se montre actuellement redoutable par son excessive pullulation; c'est aussi à nos frontières, notamment aux environs d'Hayange, dont le maire m'écrit le 22 novembre dernier : « L'invasion des lapins dans notre commune et aux environs tend à prendre des proportions inquiétantes. Les dégâts causés annuellement par ces animaux se chiffrent par des milliers de marks. Les propriétaires et locataires des chasses cherchent par tous les moyens à en diminuer le nombre, sans arriver toutefois à un bien grand résultat [1]; car, malgré tout, leur nombre augmente d'année en année s'étendant aux communes avoisinantes et déjà sur une surface très considérable. De cet état de choses il résultera certainement pour tout le pays des conséquences tout à fait désastreuses. »

Telles sont les raisons qui m'ont engagé à parler de la pullulation calamiteuse actuelle du lapin en Allemagne. Je m'appuierai surtout sur un travail récent, très documenté, du Dr Friederichs, de Berlin, professeur à l'École supérieure d'agriculture [2], et dis-

---

les lapins sous peine de payer les frais de cette destruction. L'administration des chemins de fer est tenue d'anéantir les lapins sur ses domaines ; auparavant elle n'avait pas le droit de le faire, le lapin étant compris parmi les bêtes de chasse. Cette obligation a été spécifiée aussi pour les forêts de la maison grand-ducale, laissées jusqu'ici en dehors de l'action de la police locale. Ces mesures prendront fin le 31 mars 1913. Presque tous les forestiers et les agriculteurs mecklembourgeois sont d'avis qu'il est grand temps que la loi intervienne.

[1] « Deux chasses, organisées à quelques jours d'intervalle, ont anéanti plus de 1.400 de ces terribles rongeurs, dit un journal; mais qu'est-ce, en présence de leur extraordinaire faculté prolifique ? » Les principaux propriétaires ou locataires des chasses sont MM. de Wendel, à Hayange.

[2] *Das Wildkaninchen in Mecklenburg*, par le Dr Friederichs (*Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft,* mars 1908, pp. 161-196).

cuterai avec lui la question si importante des moyens préventifs ou destructifs à employer en pareille occurrence.

### *Mœurs et dégâts du lapin*

Le lapin aime surtout les sols légers, sablonneux ou lehmeux ou crayeux, les terrains mouvementés et boisés avec sous-bois. Quoique ces rongeurs vivent toujours en troupes, ils ne font d'ordinaire pas trop de dégâts, parce que leur pullulation est souvent entravée par leurs ennemis naturels, les petits carnivores (putois, martres, renards). Mais la situation peut changer brusquement si l'on a une série d'hivers peu rigoureux [1] ou si le chasseur détruit imprudemment tous les ennemis du lapin (carnivores et oiseaux de proie). Souvent l'homme favorise sa multiplication. Pour pouvoir les tuer plus tard en grand nombre, d'enragés chasseurs laissent ces rongeurs tranquilles pendant plusieurs années, les nourrissant même en hiver.

Dans ces conditions, quand toutes les circonstances favorables se trouvent réunies, ils se propagent d'une manière effrayante. Pour satisfaire à leur voracité, ils changent même leurs habitudes. Ils écorcent de gros arbres, grimpent par-dessus les entreillagements et vont jusqu'à ne plus vivre dans des terriers. En Australie, ils se sont même transformés en grimpeurs; ils montent parfaitement aux arbres pour ronger l'écorce du tronc et des branches.

D'ordinaire une lapine vigoureuse a *sept* portées par an ; presque toujours elle a au moins *trois* et quelquefois *huit* petits. Comme la lapine est pubère à six mois et toujours en état de recevoir le mâle, on voit qu'au bout de deux ans un couple de lapins peut, à la rigueur, donner naissance à 1.800 lapins (en supposant sept portées de huit petits) et au bout de quatre ans à 1.274.840 individus.

Les sols compacts et humides ne leur conviennent pas. Mais il ne faut pas croire que l'on y soit tout à fait à l'abri de leurs dégâts. Ils y trouvent souvent des refuges (tas de pierres, amas

---

(1) Le terrible hiver de 1879-1880 a fait périr presque tous les lapins du nord de la France ; le lièvre, rongeur indigène, l'a très bien supporté ; la saison de chasse qui suivit fut, au contraire, très giboyeuse en lièvres.

de bois, couches épaisses de tourbe sèche). C'est dans ces terrains argileux, humides, que le lapin renonce aux terriers, sauf pour mettre bas (opération qui se fait toujours sous terre), ou bien encore dans les bois très touffus où ils vivent comme le lièvre (1).

Ils font beaucoup de tort à la végétation en fouissant le sol de part en part, l'ameublissant à l'excès et coupant les racines, mais surtout en dévorant les céréales, les prairies artificielles et en écorçant les arbres. Ils peuvent même opérer des substitutions d'essences (2).

Quand l'écorce est enlevée sur tout le pourtour, que l'incision annulaire est complète, la tige périt. Lorsqu'elle est assez jeune pour rejeter de souche, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit de cépées, de brins de taillis, le mal parfois très grand est réparable cependant; c'est une perte de récolte, mais le maintien de l'état boisé n'est pas compromis, parce qu'au-dessous de la place de pâture se développent des bourgeons préventifs qui reconstituent le taillis.

Mais si le lapin décortique de gros hêtres, comme ceux qui sont figurés dans le travail du Dr Friederichs, l'arbre meurt sans laisser de progéniture (3).

En comparaison des énormes dommages qu'il cause, le lapin donne bien peu de profit. Quoique sa chair soit peu estimée en Allemagne, on en vend beaucoup à Berlin au prix moyen de 1 franc. A Leipzig les peaux se vendent de 60 à 100 francs les 50 kilos.

## *Propagation générale du lapin en Allemagne*

Les plaintes qui, depuis quelques années, s'élèvent de la plus grande partie de l'Allemagne montrent que la multiplication

---

(1) Dans beaucoup de bois de Sologne où le sol est recouvert d'une couche épaiss d'aiguilles de pin, les lapins ne se terrent plus et s'abritent dans des coulées pratiquée sous les feuilles.

(2) Dans la forêt de Carnel (Oise), les anciens aménagements citent, dans certains peuplements, une proportion de cinq à six dixièmes de charme. Aujourd'hui, grâce au lapin, il n'en reste pas un. Il n'y a plus que du châtaignier qui y avait été introduit depuis longtemps et qui se vend très bien comme échalas pour la Champagne. L'écorce très tannique du châtaignier est respectée par le lapin qui, une fois par hasard, a secondé ici les efforts des forestiers.

(3) On peut empêcher la mort de ces arbres en les buttant jusqu'au bord supérieur de la pâture et en provoquant ainsi dans l'écorce enterrée le développement de racines adventives qui redonnent à l'arbre la solution minérale indispensable ; malheureusement, les lapins grimpent souvent sur ces buttes et écorcent l'arbre à nouveau.

excessive du lapin de garenne est générale dans ce pays. Ainsi en Silésie et en Posen les lapins sont devenus une calamité. Dans les plaines du Rhin, dans la Haute-Alsace, entre l'Ill et le Rhin, dans le Palatinat, ils étaient déjà difficilement supportés vers 1885. A la suite de l'enquête de 1906, le grand-duché de Hesse a ordonné une lutte générale contre ces terribles rongeurs. Dans le royaume de Saxe, on vient de promulguer une loi pour les combattre. Dans la Prusse, un rescrit adressé aux administrations royales a ordonné une attaque générale contre eux.

Malgré toutes ces prescriptions, il est certain que les lapins envahissent de plus en plus l'Allemagne; ils conquièrent toujours de nouveaux terrains.

Des colonies faibles, isolées, sont faciles à détruire presque entièrement; mais il n'en est pas de même pour les grandes pullulations.

Dans le Mecklembourg, dont nous nous occupons plus spécialement ici, le district le plus envahi est le sud-est du grand-duché de Mecklembourg-Schwerin; on peut dire que cette région n'est qu'une vaste garenne. C'est près du château et du village de Basedow que les dommages sont le plus visibles (1). Beaucoup de bois sont entourés de palissades pour les préserver de la dent des rongeurs. Quel aspect lamentable présente notamment la belle forêt de hêtres centenaires qui avoisine le château! *Des centaines de troncs sont complètement écorcés sur une hauteur de 30 centimètres et périront fatalement.* C'est la première fois que le lapin se manifeste comme destructeur de vieux peuplements; jusqu'alors on ne signalait ses dégâts que sur les jeunes plantations ou sur les cépées des taillis. On peut voir à quoi il faut s'attendre s'il continue à pulluler. *Il n'est pas exagéré de dire*

(1) Du 15 juin 1906 au 15 juin 1907 on a tué dans ce canton environ 20.000 lapins, dont 7.000 par le fusil, le reste par le furet. En venant de la station du chemin de fer pour aller vers le château, on traverse un massif d'épicéas avec sous-bois de chèvrefeuille et de ronces. On y voit de nombreux terriers montrant bien la nature sablonneuse et lehmeuse du terrain, mais les épicéas ont leur écorce intacte, parce que les lapins ne l'aiment pas. On arrive à un chemin bordé à droite par la forêt, à gauche par les champs. C'est là que les rongeurs abondent. Vers le soir, les champs en sont remplis. Des centaines se sauvent quand on y arrive à la tombée de la nuit; mais un peu plus loin, d'autres centaines continuent à manger et à jouer.

Voici un fait qui prouve avec quelle rapidité peut se propager le lapin. A Molzow, on a vu et tué le premier lapin en 1900. Entre le 1er juillet 1905 et le 1er juillet 1907, on en a tué au fusil environ 11.000, sans compter ceux qui ont été détruits par le sulfure de carbone.

*qu'une succession de quelques hivers doux pourrait nous amener à la condition de l'Australie* et provoquer dans nos forêts des dommages avec lesquels ceux de la Nonne (*Liparis monacha*) pourraient seuls rivaliser. Heureusement, il arrive assez souvent que la dent vorace laisse intact un pont d'écorce; alors le hêtre souffre, mais ne périt point.

La localité de Rothenmoor forme le centre de ce grand district du sud-est, ayant 35 kilomètres de rayon, qui est infecté par les lapins. Un second district plus petit se trouve au nord-ouest du grand-duché, au bord de la mer, entre Lübeck et Vismar.

Les moyens de destruction employés jusqu'ici dans le Mecklembourg ont été les suivants :

On ordonna d'abord le furetage. Les préposés recevaient 25 centimes pour chaque lapin remis et même 50 centimes lorsqu'ils ne gagnaient pas assez. Des rapports faits sur ce procédé en 1906-1907 il résulte que l'on a ainsi sérieusement entravé la multiplication des lapins, mais que l'on ne peut espérer de les détruire par ce moyen, les fureteurs n'étant plus rémunérés suffisamment par les primes quand il n'y a plus surabondance de lapins. En outre, l'invasion des lapins venant des propriétés privées faisait souvent échouer les travaux des agents forestiers. Jusqu'alors, ces anciens procédés (battues, furetage) n'ont pas empêché le lapin de devenir un véritable fléau. Tous reconnaissent la nécessité de mesures générales énergiques, sanctionnées par des lois. Examinons maintenant les moyens à employer dans les cas de grandes pullulations.

## MOYENS PRÉVENTIFS

Le meilleur moyen préventif consiste à surveiller sévèrement les petites colonies et à empêcher par tous les moyens qu'elles ne s'accroissent au point que l'on soit débordé.

Mais ces petites colonies que l'on tient en main peuvent nuire aux plantations. On prévient tout dommage par l'emploi des badigeonnages ou des clôtures. On badigeonne avec du goudron le pied des tiges à protéger; s'il s'agit de grosses tiges, on peut, pour diminuer les frais, ne couvrir de goudron qu'une bande ver-

ticale d'écorce depuis le pied jusqu'à la hauteur des plus fortes neiges (1). L'arbre peut être rongé sur le reste du pourtour, mais cette bande intacte d'écorce laisse passer la sève et empêche l'arbre de périr.

Les clôtures en fil de fer, quand elles sont bien faites, sont absolument efficaces. Lorsqu'on a à craindre des ravages sérieux, il ne faut jamais hésiter à les établir, parce que l'on dépense en frais de repeuplement beaucoup plus que les clôtures ne coûtent (2). Le treillis à mailles de 4 centimètres doit avoir une hauteur totale de $1^{m}30$ dont 15 centimètres sont enfoncés dans le sol. Il faut que la partie supérieure soit repliée à angle droit sur une largeur de 10 centimètres, puis obliquement sur 15 centimètres, parce que les lapins, sans cette précaution, grimpent par-dessus. Ou bien on donne à la clôture une inclinaison de 60° du côté où se trouvent les lapins (3). On a posé dans l'Australie occidentale une clôture en treillis d'une énorme étendue (plus de 1.000 kilomètres) pour barrer la route aux bandes innombrables des lapins de l'Australie orientale. Elle a été faite en six ans et a coûté plus de 6 millions. Pour que l'on se résigne à une telle dépense, il faut que ces rongeurs inspirent une terrible crainte.

## MOYENS DESTRUCTIFS

### A) Les ennemis du lapin

#### *I) Les ravisseurs*

a) *Les carnivores.* — Il faut d'abord reconnaître que ce serait une erreur de permettre la destruction complète du renard et des autres petits carnivores. Surtout dans les régions où existe le lapin il est bon qu'il y ait des renards pour entraver sa trop

---

(1) Au lieu de goudron minéral qui se dessèche vite, Altum recommande le goudron végétal suédois. La colle à chenille (*Raupenleim*) nuit souvent aux jeunes plants. D'après l'inspecteur des forêts Will (*Naturwissensch. Zeitsch.*, 1907, p. 404), il n'y a aucun badigeonnage qui puisse écarter pour toujours le lapin ; il cite cependant l'emploi heureux d'un mélange de goudron et de minium.

(2) Le prix de la clôture *posée* est de 80 à 90 centimes le mètre courant, plus 20 centimes pour les poteaux en chêne. M. Will (*loc. cit.*) recommande comme moins chers, à cause de leur longue durée, les poteaux en fer creux (100 kilos font 30 tuyaux et coûtent 15 francs).

(3) Le Dr Friederichs a pu constater dans son voyage d'enquête que des clôtures bien établies et fréquemment contrôlées sont un obstacle infranchissable. Tout près du

grande multiplication ; tant pis s'il y a un peu moins de lièvres. Le chat sauvage ou le chat haret seraient également d'excellents auxiliaires ; ce sont d'ardents destructeurs du lapin, mais malheureusement aussi d'oiseaux et de nids ; c'est pourquoi nous ne devons jamais les protéger.

Martres, putois, hermines et belettes sont aussi des exterminateurs acharnés et doivent être tolérés partout où l'on veut maîtriser ou détruire des colonies isolées de lapins ; il faut évidemment qu'il n'y ait pas de faisanderie dans le voisinage et que les basses-cours soient bien fermées [1].

Mais il y a toujours à se demander si, en protégeant les petits carnivores, en augmentant notablement leur nombre près des colonies de lapins, l'autre petite chasse ne serait pas trop appauvrie. Les opinions à cet égard sont trop souvent dictées chez les chasseurs par une haine aveugle, irraisonnée contre tous les carnivores.

En tout cas, chaque fois que la forêt est menacée, il faut d'abord songer à la maintenir ; il faut détruire sans pitié tout ce qui compromet son avenir. *La forêt d'abord, le gibier après !* Ceci est un truisme qui n'a pas besoin de démonstration.

Dans l'Afrique australe, le lapin, introduit par les Européens peu après la première colonisation (il y a deux siècles), n'a pu se maintenir à l'état sauvage à cause du grand nombre de carnassiers (martres, chacals, etc.) qui s'y trouvent.

b) *Le furet.* — Tout le monde connaît l'emploi du furet, variété domestiquée du putois, et les services qu'il rend dans la destruction des lapins ; le furetage est un procédé très anciennement usité pour maintenir dans des limites raisonnables la population des garennes. Mais on ne peut fureter dans la même contrée que pendant un certain temps, parce que le lapin ne retourne

---

peuplement de hêtre le plus ravagé, il y avait une plantation clôturée, de chêne et d'épicéa de deux ans ; elle était indemne. A côté, on avait essayé de protéger un champ de céréales contre les dégâts des lapins du bois voisin ; mais la clôture n'avait que 50 centimètres et était simplement posée sur le sol ; les lapins eurent vite fait de se creuser un passage souterrain.

Les arbres des routes sont entourés d'un treillis jusqu'à une hauteur supérieure à celle que peut atteindre le rongeur et restent, grâce à cette précaution, en bon état.

[1] Eu égard au lapin, il avait même été question, dans le Mecklembourg, de défendre par une loi la destruction des putois et des belettes ; mais cette loi ne fut pas votée. Le rapport reconnaissait cependant que, dans les points infestés de lapins, ceux-ci disparaissaient presque soudainement lorsque s'y montrait un putois ou une belette.

plus, même après plusieurs jours, dans les halots visités par le furet dont l'odeur est très persistante. La chasse au furet donne donc à la fin de piètres résultats, et le fureteur doit bientôt aller opérer sur des terrains neufs (1). A cause des nombreux désagréments que donne le furet, animal délicat, s'endormant parfois dans les terriers, il serait à désirer qu'on le remplaçât par une race de chiens dressés à cet effet.

c) *Basset à lapin.* — Jusqu'alors les bassets à lapin ou bassets nains coûtent très cher. Quand ils seront d'un prix plus abordable, on aura en eux de bons auxiliaires contre les lapins.

d) *Corneilles et pies.* — Les lapereaux sont naturellement protégés dans leurs terriers contre les coups de bec des corneilles et des pies, qui tuent assez souvent les levrauts. Les lapins échappent facilement aux oiseaux de proie diurnes, sauf dans les terrains nus. C'est une raison de plus pour ne pas tuer sans distinction, dans les régions à lapins, tous les oiseaux de proie.

Parmi les nocturnes, c'est le grand-duc (*Bubo maximus*) qui serait notre auxiliaire le plus efficace, s'il n'était si rare; on ne pourrait cependant le protéger trop à cause de ses dégâts sur le gibier. Le grand corbeau (*Corvus corax*) est devenu aussi trop rare pour entrer en considération.

e) *Le lièvre.* — Le lièvre n'est pas un ennemi direct du lapin; mais c'est son concurrent. Quoique très voisins spécifiquement, ils sont antipathiques l'un à l'autre. Il est bien connu que les lièvres deviennent rares et même disparaissent d'une contrée à mesure que s'y multiplie le lapin. On suppose que le lièvre, animal timide et craintif, est troublé dans son repos par la turbulence d'une colonie nombreuse de lapins. Du reste, c'est une loi générale que la lutte entre deux espèces est d'autant plus vive qu'elles sont plus proches parentes. Il est naturel qu'il y ait concurrence, surtout là où le lapin a pris partiellement les habitudes du lièvre, de vivre sans terrier; et c'est toujours le lièvre qui cède devant les procédés agressifs du lapin. D'après des observations faites sur des lièvres et des lapins en captivité, le lapin mâle s'acharne sur les levrauts et même les lièvres; ceux-ci, quand les lapins essaiment dans leur voisinage, préfèrent tou-

(1) En Allemagne, le propriétaire qui veut se débarrasser des lapins fait venir un fureteur dont le gain consiste dans les lapins qu'il prend; quelquefois on le nourrit.

jours émigrer plutôt que de se voir constamment taquinés et dérangés. En l'espèce, il est exact ici de dire que c'est le lapin qui a commencé.

### *II) Les parasites*

On ne connaît pas d'épidémies provoquées par des bactéries sur les lapins de garenne. On a évidemment fait l'essai de nombreuses bactéries sur le lapin domestique, la victime ordinaire des bactériologistes et des physiologistes. Pour qu'on pût propager sur le lapin une maladie bactérienne, il faudrait qu'elle fût à la fois mortelle pour lui et inoffensive à l'homme et au bétail.

Ces conditions ne sont que partiellement remplies par les bactéries que Pasteur a proposées. En 1887, diverses communications faites à la presse firent connaître en Europe les dégâts vraiment calamiteux causés dans la Nouvelle-Galles du Sud et en Nouvelle-Zélande par les lapins, qui s'y étaient multipliés dans des proportions désastreuses. Aucun procédé connu ne se montrait capable de s'opposer efficacement à cette pullulation. Pasteur, qui avait étudié la maladie connue sous le nom de *choléra des poules,* maladie qui se transmet facilement aux lapins, entreprit des expériences directes sur ceux-ci [1].

Mais ce moyen, qui promettait de bons résultats d'après les essais sur des lapins en cage, n'a réussi, du moins sur une grande échelle, nulle part en Australie où il serait si utile. MM. Danysz et Latapie ont repris récemment la question de la transmission au lapin de maladies contagieuses; ils ont utilisé un organisme

---

[1] Dans un article : « La destruction des lapins par la transmission de maladies contagieuses », le *Journal d'Agriculture pratique* du 18 novembre 1909 relate : « Une première série d'essais démontre que des lapins domestiques ayant pris un seul repas composé de feuilles de choux trempées dans une culture virulente de choléra des poules mouraient moins de vingt-quatre heures après le repas infectieux. *Un essai fait avec le lapin de garenne donna le même résultat.* Des lapins sains, n'ayant pas pris de repas infectieux, placés dans les mêmes caisses que les précédents, caisses d'où les cadavres n'avaient pas été enlevés, furent pour la plupart contaminés et périrent alors au bout d'un petit nombre de jours.

D'autre part, les porcs, chiens, chèvres, moutons, rats, chevaux, ânes, qui furent soumis aux mêmes expériences et qui injérèrent des aliments contaminés ne furent pas malades.

Enfin, le procédé fut expérimenté en grand, dans des garennes de Mme Pommery, à Reims. Le repas de luzerne déposé près de l'orifice des terriers fut arrosé d'une culture recente du microbe du choléra des poules. Des le lendemain et les jours suivants, on trouva d'assez nombreux cadavres sur le sol. Dans des terriers mis à jour, on trouva des cadavres groupés par deux, trois, quatre, cinq.

du groupe des diplocoques qu'ils ont expérimenté avec un plein succès, paraît-il, en Australie. Toutefois, les résultats de leurs recherches n'ont pas encore été publiés.

Il est évident que, partout où l'on élève des volailles à proximité des garennes, on ne peut avoir recours au microbe du choléra des poules. On peut faire la même objection à l'idée émise par M. de Mégnin de détruire le lapin par la propagation de la maladie dite du *gros ventre*. Ici deux parasites agissent : l'un est un ver solitaire (*Tænia pectinata*), l'autre, un protozoaire (*Coccidium cuniculi*). Le ver solitaire, à lui seul, deviendrait difficilement dangereux pour le lapin. Le Coccidium vit en parasite dans les parois de l'estomac et des canaux biliaires et aussi dans le foie. Beaucoup de lapins périssent souvent par cette épidémie dans les établissements d'élevage ; elle a fait de grands ravages aussi parmi les lapins de garenne de la Tasmanie [1].

Le parasite monocellulaire susmentionné est aussi la cause de la dysenterie rouge des bêtes aumailles ; il a été constaté sur d'autres animaux domestiques et même sur l'homme ; à cause des conséquences fâcheuses que pourrait avoir, sur la santé du bétail, la propagation artificielle de ce parasite, on doit y renoncer.

Le *Strongylus strigosus,* qui est un Nématode, se trouve dans l'intestin des lapins. D'autres espèces de *Strongylus* causent de fréquentes épidémies sur d'autres gibiers et font périr nombre de lièvres, de chevreuils, de jeunes sangliers. Ces sortes de filaires vivent presque toujours dans les poumons et provoquent l'asphyxie en s'accumulant en boules rondes obstruant les voies respiratoires. Le milieu dans lequel vivent ces parasites très dangereux pour le gibier (et qui ne sont pas rares sur les animaux domestiques), c'est l'eau ; ils se développent dans l'eau et la terre humide. On ne peut non plus y songer pour la destruction des lapins, d'autant moins qu'on ne sait pas si ces vers, si funestes à d'autres quadrupèdes, sont vraiment dangereux pour le lapin.

Ainsi semble-t-il jusqu'alors qu'on ne puisse attendre de grands résultats par la propagation d'épidémies dues à des parasites internes. Parmi les parasites externes, il n'y aurait guère à

---

[1] *The Zoologist*, 3e sér., vol. XVII, London, 1893.

essayer que la gale des lapins, due à un sarcopte (*S. minor*) qui s'installe aussi sur les chats. Mais il n'y a pas encore eu d'expériences.

### B) Le fusil, les pièges, la capture des jeunes dans les terriers

Les lapins sont difficiles à tirer à l'affût; du moins on n'en tue pas assez par ce procédé pour diminuer sensiblement le nombre des grandes colonies. Les battues sont, par contre, un des meilleurs moyens pour enrayer les fortes pullulations.

Quand la trop grande abondance de lapins nuit trop à la petite chasse ou aux récoltes avoisinantes on se sert avantageusement de pièges qu'on multiplie sur les points les plus habités. En Australie on emploie plusieurs sortes de grands pièges surmontant des fosses où tombent les animaux. L'un des plus usités [1] consiste en deux clôtures de treillage métallique disposées vis-à-vis l'une de l'autre, mais avec un écartement qui se réduit progressivement jusqu'à la largeur de l'animal. A ce point, au fond de l'entonnoir, se trouve une trappe s'ouvrant sur une fosse; la trappe cède sous le poids du lapin et se remet en place automatiquement. Ces trappes ont une longueur de $1^m 20$ et une largeur de 18 à 20 centimètres. La fosse a $1^m 25$ de profondeur, $2^m 50$ de longueur et $1^m 25$ de largeur; ses parois doivent être garnies d'un treillis en fil de fer pour que les lapins ne puissent s'échapper en fouissant le sol. Il faut visiter souvent la fosse; car, si les prisonniers y périssent, les lapins s'écartent du piège. Comme ces lapins capturés peuvent être utilisés, les frais minimes d'installation sont largement payés.

Les lapines mettent bas dans des terriers spéciaux que l'on appelle des rabouillères; elles s'y rendent régulièrement pour allaiter leurs petits et, chaque fois qu'elles en sortent, elles ferment l'entrée par de la terre, ce qui décèle la présence des rabouillères. Il est alors facile de s'emparer des lapereaux.

---

(1) Bruce, *Rabbit Control and Destruction* (*Agr. Gaz. of. N. S. Wales*, vol. XII, 1901, p. 751 et suiv.).

## C) Moyens chimiques

*Fumigations au sulfure de carbone.* — Il est hors de doute que ce moyen destructif, qui est le plus récent, est aussi le plus efficace. Mais il y a bien des cas où il ne peut être employé, notamment quand le plus grand nombre des lapins vit constamment ou presque constamment à la surface du sol, ou quand les terriers sont cachés dans des broussailles impénétrables, ou quand il n'y a pas de neige.

En outre, si tout un district infesté est purgé par ce moyen, il est vite repeuplé par les lapins du voisinage. Il faudrait procéder partout en même temps à l'asphyxie générale.

Donc ce procédé, excellent quand les conditions de réussite se trouvent réunies, ne peut être toujours utilisé et il faut trouver autre chose.

*Appâts empoisonnés.* — On n'a pas encore employé — ou à peine — ce procédé contre les lapins et, cependant, nous avons là une arme puissante qu'on mettra sans doute en œuvre, même si l'on a un moyen de provoquer une épidémie. L'exemple des petits rongeurs (souris, campagnols) le prouve. Quoique le bacille de Löffler soit très propre à jouer ce rôle destructeur, beaucoup préfèrent l'emploi des poisons à cause de leur succès très évident.

En procédant avec soin, on peut éviter tout danger pour le gibier et les animaux domestiques. Forestiers et chasseurs emploient couramment le poison contre les bêtes nuisibles (loup, renard, etc.); pourquoi craindrait-on de lutter par le poison contre le lapin, plus nuisible certes que les bêtes fauves? Les seules objections peuvent venir des chasseurs; mais, quand il y a calamité publique, ils doivent se taire et le massacre en masse par le sulfure de carbone a été approuvé par tous dans le Mecklembourg. Il y a des cas où le poison paraît être le seul moyen d'arriver à un résultat satisfaisant, par exemple, lorsque les lapins se tiennent dans les fourrés et non dans des terriers, ou lorsqu'on ne peut les décimer assez par des battues ou des fumigations.

On empoisonnera à l'aide d'appâts qui, s'ils sont placés à

l'entrée des terriers ou dans des emplacements clos, ne seront point happés par d'autres gibiers. Les Australiens n'ont pas craint d'employer chez eux un procédé barbare qui a eu, du reste, plein succès ; c'est celui des abreuvoirs empoisonnés par de l'arsenic. Tout être (oiseau, gibier) qui vient s'abreuver périt. Même en Australie, on abandonne ce procédé radical et barbare ; on l'abandonne, non par humanité, mais parce qu'on craint que la mort des oiseaux ne favorise les invasions d'insectes.

Il sera mieux d'empoisonner à l'aide d'appâts ; on les dispose dans des sortes de cages fermées de toutes parts, sauf à la base où on ne laisse libre qu'une largeur suffisante pour le passage des lapins. Le dessus de la cage en treillis est couvert de roseaux ou de ramilles qui éloignent les oiseaux et protègent les appâts contre les influences atmosphériques. Si l'on veut installer une cage de cette sorte, il faut d'abord semer dans les environs des appâts non empoisonnés identiques à ceux où on introduira plus tard le poison. Ces appâts doivent être placés non avec la main, mais à l'aide d'une pince ou d'une cuiller. Si l'on veut changer d'amorce, si l'on veut, par exemple, substituer le blé aux carottes, il faut d'abord enlever tous les restes de la première pâture, en un mot, travailler proprement ; il faut en outre laisser la place nette de tout appât pendant une huitaine de jours. Il sera tout indiqué, si l'on essaie ce mode de destruction, d'employer d'abord les appâts qui ont été éprouvés en Australie. Leur fabrication est assez compliquée et doit se faire exactement d'après les prescriptions, si l'on ne veut pas compromettre le succès.

Ceux qui réussissent le mieux en Australie sont :

Le *phosphore* (sur blé ou avoine);

L'*arsenic* à sec ou en solution (sur blé ou autres céréales, pommes, carottes);

La *strychnine* (dans fruits secs, carottes, ramilles).

## Clauses des cahiers des charges

Les mesures à prendre par les agents forestiers, les communes et autres propriétaires sont, en premier lieu, les suivantes :

1° Insérer dans les cahiers des charges des clauses relatives à

la destruction du lapin, telles que la protection de ses ennemis et l'obligation de battues fréquentes. En cas de non-exécution, les destructions se font par la commune aux frais du locataire de la chasse. La commune doit, en outre, se réserver le droit d'intervenir, mais alors à ses frais, même quand le locataire aurait rempli ses obligations, soit en engageant des fureteurs, soit en permettant à toute personne munie d'un permis de capturer les lapins, mais sans se servir de fusil;

2° On peut aussi recommander de donner des primes pour la chasse au fusil ou la capture des lapereaux. Ce stimulant a amené dans quelques forêts du grand-duché de Mecklembourg une diminution considérable dans le nombre des rongeurs.

En Prusse, le lapin n'est plus rangé parmi les animaux de chasse (depuis 1891). Le Mecklembourg ne s'est pas décidé à imiter la Prusse, surtout par la crainte de donner libre carrière au braconnage et ensuite parce qu'on supprimerait ainsi les dommages-intérêts pour les dégâts causés et qu'on encouragerait par là les chasseurs à entretenir et protéger le lapin. D'ailleurs, en Prusse, la libre poursuite du lapin n'a pas produit l'effet destructeur qu'on en attendait.

Un décret de 1901 défend d'introduire et d'entretenir des lapins de garenne. Un autre projet, ordonnant que les destructions seraient faites par l'État aux frais du propriétaire de la chasse, si celui-ci n'était pas à même de les opérer, n'a pas reçu l'approbation des États, quoique, à ce moment (1900), il y eût déjà pullulation calamiteuse. On croyait que l'obligation de payer des indemnités serait un motif suffisant pour une poursuite énergique. Il n'en a rien été.

On espérait, d'autre part, que la nature interviendrait, soit par des épidémies, soit par des hivers rigoureux, froids et neigeux. Jusqu'alors, cet espoir ne s'est pas réalisé et les lapins continuèrent à pulluler, devenant un fléau de plus en plus insupportable.

Alors il fut à nouveau question de la participation de la police à leur destruction. Modifiant leur point de vue de 1900, les États reconnurent la nécessité de prescriptions légales énergiques et demandèrent au gouvernement du grand-duché de les promulguer vis-à-vis des autorités communales et des chasseurs. Finalement, le 6 décembre 1907, le décret fut voté.

Voici, du reste, les conclusions du Dr Friederichs :

« D'après ce qui précède, on voit qu'une action commune, énergique, continuelle, par tous les moyens possibles, est absolument nécessaire. Là où le nombre des lapins a dépassé la moyenne, on ne peut compter sur quelques hivers rigoureux pour obtenir une diminution telle qu'une année favorable ne provoque à nouveau une multiplication désastreuse. Il est certain que, si plusieurs années consécutives nous amènent des hivers doux et des étés secs, on doit s'attendre à une situation à peu près analogue à celle de l'Australie, à moins que l'on ne prenne des dispositions énergiques pour une extermination générale de ces rongeurs qui se montrent aujourd'hui comme les plus dangereux destructeurs des forêts du Mecklembourg. Aux grands maux les grands remèdes. Il est temps d'intervenir avec ensemble par le fusil, les pièges, le furetage et le poison, si l'on veut arriver à mettre fin à cette calamité. »

Il est très utile que les forestiers français soient instruits de ce fait si remarquable. Ce leur sera un motif de plus pour s'opposer, comme ils l'ont toujours fait, à l'introduction de cette redoutable engeance dans les forêts soumises à leur gestion. Si les plaines humides du Mecklembourg sont le théâtre de telles invasions, combien nos régions sablonneuses, plus sèches et plus chaudes, offriraient un milieu plus favorable !

---

# INVASION DU TARET

## DANS LE PORT DE MARSEILLE

## MOYENS PRÉSERVATIFS

Par M. E. HENRY

---

Les bois immergés dans les eaux douces ou saumâtres ou même dans l'eau de mer fortement polluée n'ont rien à craindre des animaux; souvent même, leurs tissus deviennent, par un long séjour dans de telles eaux, plus durs et plus résistants, comme le prouvent les pilotis de Venise et les bois enfouis dans les tourbières. C'est en se fondant sur la durée, pour ainsi dire indéfinie, des bois placés dans les milieux ci-dessus indiqués que l'homme a bâti, à Venise, Amsterdam et dans mille autres lieux analogues, les plus vastes constructions, les plus lourds monuments, tout simplement sur des pilots de bois enfoncés à refus dans le sol gorgé d'eau, et l'événement a toujours justifié la confiance placée dans le matériel ligneux employé sous de telles conditions ([1]).

Mais les bois qui sont plongés dans l'eau de mer vive et pure sont loin de jouir de la même immunité. Les vaisseaux, les pilots des ports, les portes des bassins, les bordages des quais et les nombreuses sortes d'outils ou appareils en bois qui restent en contact prolongé avec l'eau salée sont exposés aux attaques d'un certain nombre d'animaux qui les perforent, les criblent de galeries et finalement, parfois très vite, les rendent impropres au service.

---

([1]) Beaucoup des palais de Venise datent du quinzième siècle et ont encore des fondations solides ; il ne faut pas que les pilots soient exposés à des alternatives de sécheresse et d'humidité ; dans ces conditions, ils pourrissent assez promptement, surtout ceux de certaines essences.

### *Animaux destructeurs des bois plongés dans la mer*

Les seuls qui aient pratiquement de l'importance sont : les diverses espèces du genre taret (*Teredo* L.) appartenant à la famille des **Teredinidæ**, mollusques pélécypodes tétrabranchiaux (sous-ordre des *Adesmacea*) et comprenant le sous-genre *Xylotrya,* beaucoup plus abondant sur les côtes américaines de l'Atlantique que les *Teredo* proprement dits ;

Un genre de mollusques voisin du précédent, mais appartenant à la famille des **Pholadidæ**, le genre *Xylophaga* Turton (*X. dorsalis*) et deux crustacés à peine moins redoutables que le taret, un petit isopode, le *Limnoria terebrans* Rathke et un petit amphipode, le *Chelura terebrans* Philippi.

**Limnorie et Chélure.** — La limnorie est un petit isopode mesurant au maximum 4 millimètres de long sur une largeur de $1^{mm}5$ ; il ressemble beaucoup aux cloportes et possède aussi la faculté de se rouler en boule quand il est menacé.

Au premier abord, la galerie de la limnorie semble moins inquiétante que celle du taret à cause de ses dimensions ; l'orifice d'entrée n'a guère qu'un millimètre et demi de diamètre, à peine plus que les vermoulures des vieux meubles ; à partir de cet orifice, la galerie s'infléchit presque immédiatement pour suivre le fil du bois et, après avoir cheminé ainsi pendant quelques centimètres, elle se coude vers l'intérieur pour former une chambre un peu plus large et longue de 15 à 20 millimètres. C'est dans cette chambre que réside habituellement la femelle chargée de ses œufs et accompagnée d'un mâle..... Finalement, la couche superficielle est tellement ravagée et minée en tous sens qu'elle ne forme plus qu'une masse spongieuse sans aucune consistance ; le moindre frottement, le simple choc d'une lame, suffisent à détacher cette couche, et le bois resté sain en profondeur se trouve immédiatement dénudé, c'est-à-dire livré aux attaques d'une nouvelle légion de limnories.

On voit que, malgré leur taille minime, les galeries de la limnorie peuvent être aussi dangereuses et destructives que celles du taret, mais d'une autre manière. Le taret peut aller jusqu'au cœur d'une pièce de bois ou traverser, à quelques millimètres près, toute l'épaisseur d'un bordage et préparer ainsi une multitude de voies d'eau qui se déclareront au premier choc, et par là son travail, peu visible de l'extérieur, est fort redoutable aux navires..... Au contraire, la limno-

rie accomplit méthodiquement et par étapes successives la destruction intégrale d'un morceau de bois, chaque étape étant limitée à la couche superficielle. Si donc la limnorie s'attaque à une carène, elle rongera la surface du bordage sans compromettre l'étanchéité ou la solidité immédiate de cette partie, et les dégâts seront fort apparents avant d'être graves, ce qui n'arrive pas pour le taret. C'est seulement sur les ouvrages fixes que ses dégâts peuvent être redoutables, puisque rien ne les arrêtera que la destruction totale du bois parasité.

Ce crustacé, très cosmopolite, a été découvert en Norvège; il a commis de graves dégâts sur les côtes d'Angleterre et de Hollande. On le trouve sur tous les rivages de France et sur la côte atlantique des États-Unis, depuis le golfe du Mexique, où il fait de grands ravages, jusqu'à la Nouvelle-Écosse.

La dispersion bathymétrique du parasite est très restreinte; son habitat préféré et la zone la plus ravagée dans les ouvrages fixes correspondent sensiblement au niveau de la mi-marée; à partir de ce point, il se rencontre vers le haut et vers le bas à peu près dans toute la hauteur des marées de morte eau...

Comme logis, le parasite s'accommode de toutes les essences de bois, en préférant les plus tendres, et il fait concurrence au taret à cet égard. Tous les procédés employés contre le taret ont une efficacité analogue contre la limnorie. Les doublages métalliques des carènes, les revêtements de clous à têtes jointives pour les pieux opposent une résistance absolue à sa pénétration. Les peintures valent surtout par leur adhérence et celles dites vénéneuses n'ont pas d'efficacité supérieure aux autres.

Toutefois, l'injection de la créosote paraît donner dans le cas présent de meilleurs résultats que contre le taret [1]...

Le *Chelura terebrans* se rencontre comme la limnorie dans toutes les eaux européennes et sur la côte orientale des États-Unis. Son histoire est à peu près la même que celle de la limnorie et il commet des dégâts analogues. M. Cligny nous écrit qu'il rencontre parfois, mais très rarement, les *Limnoria* et *Chelura;* leurs ravages sont insignifiants à côté de ceux des tarets dont nous allons parler maintenant.

---

[1] Tous ces faits concernant les mœurs de la limnorie sont extraits d'un très intéressant travail dû à M. A. Cligny, directeur de la station aquicole de Boulogne-sur-Mer et inséré dans le *Bulletin de la Marine marchande,* tome IX, 1907, pages 335-350, Paris, librairie militaire R. Chapelot et Cie, 30, rue et passage Dauphine. Nous nous faisons d'autant moins scrupule de recourir à l'obligeance et à l'autorité de M. Cligny que son laboratoire est, depuis peu, rattaché à la Direction générale des eaux et forêts dont dépend l'Ecole nationale des eaux et forêts, à laquelle MM. Estier, de Marseille, ont envoyé des bois perforés par les tarets et demandé des conseils au sujet de la protection des embarcations de servitude du port de Marseille contre les désastreux ravages de ces mollusques.

**Tarets.** — En y comprenant le sous-genre *Xylotria,* le genre *Teredo* renferme une trentaine d'espèces réparties dans les divers océans. Résumons, d'après le travail précédemment cité de M. Cligny, les points principaux de l'histoire du taret naval (*Teredo navalis* L.), l'espèce la plus commune.

« Le taret est un mollusque vermiforme, sans anneaux ni segments, au corps nu dans presque toute sa longueur et qui porte seulement deux valves très réduites autour de sa partie céphalique. Il s'atténue progressivement de l'avant à l'arrière et se termine par une paire de siphons de taille inégale. La taille de ce parasite atteint fréquemment une vingtaine de centimètres, mais on en a trouvé d'une longueur double [1]. Les galeries peuvent être sensiblement plus longues et atteindre le double de la taille de l'animal [2]; toutefois, celui-ci ne peut pas s'éloigner beaucoup de l'orifice d'entrée, qui constitue sa seule communication avec l'extérieur, et, habituellement, ses siphons émergent de cet orifice ou se trouvent très peu en arrière.

« Le taret ne voyage jamais librement dans l'eau, sauf aux premières heures de sa vie, pendant les phases larvaires, et on ne le trouve jamais en dehors des bois qu'il infeste. Il creuse sa galerie à partir du point où il s'est fixé à la fin de sa vie larvaire et il s'y enfonce constamment à mesure de sa croissance. Les galeries partent donc toujours de la surface; elles sont habituellement dirigées selon le fil du bois et vont toujours en s'élargissant jusqu'au diamètre maximum de 2 centimètres. Elles cheminent parallèlement sans s'entrecroiser ; mais la cloison qui les sépare est souvent extrêmement mince. »

L'instinct prévient le taret du voisinage immédiat de ses congénères, et il redresse sa galerie en conséquence. C'est ce qui se constate aussi chez beaucoup d'insectes perforateurs de bois (bostriches, vrillettes, longicornes).

« La femelle produit au printemps un nombre d'œufs prodigieux, plusieurs millions, qui sont fécondés dans le manteau de la femelle par l'arrivée d'une eau chargée de spermatozoïdes et incubés sur place jusqu'à un stade assez avancé. » Ces œufs don-

(1) Le taret que nous a adressé M. Estier mesurait 40 centimètres.

(2) Dans un des échantillons provenant du port de Marseille qui a été envoyé à l'École forestière de Nancy, une galerie mesurait plus de 50 centimètres de longueur avec un diamètre de près de 2 centimètres à son extrémité large.

nent naissance à une larve ciliée qui bientôt se fixe et commence son travail de perforation.

« Tous ces phénomènes se passent au printemps et au commencement de l'été, de sorte qu'un bateau qui a franchi cette période sans atteinte ou qui a été débarrassé des parasites jeunes à cette époque où il est encore facile de les détruire peut demeurer presque sûrement indemne pendant toute une année. »

Tous les bois peuvent être envahis par le taret, même les plus durs, comme le teck, le chêne. D'après les constatations faites en Amérique, l'ébène elle-même, pourtant si dure, les eucalyptus australiens, ne sont pas indemnes [1]. La dureté n'est donc pas une protection; mais la perforation y est plus lente. D'après les observations faites dans treize stations américaines et rapportées par Smith (*loc. cit.*), la durée moyenne d'un pilot ordinaire en pin non traité, soit sur les côtes de l'océan Atlantique (au sud de la baie Chesapeake), soit sur celles du Pacifique, n'est que de un à trois ans. Quant à la salure de l'eau, les tarets (*Xylotria*) sont très accommodants; ils prospèrent dans des eaux dont la densité varie entre 1,0054 et celle de l'eau de mer saturée, 1,0333. Ils supportent aussi des températures très variables, depuis 13° C. jusqu'à la plus haute température trouvée sur les côtes américaines; ils travaillent dans de l'eau absolument claire et aussi dans de l'eau très trouble. *Le maximum d'intensité des attaques se constate dans les eaux très salées, chaudes et claires.*

**Le taret dans le port de Marseille.** — Jusqu'en 1890, l'eau du vieux port de Marseille était chaude, il est vrai, mais elle n'était ni très salée ni claire. « Le vieux port [2] était le réceptacle des immondices de la ville, bâtie en amphithéâtre autour de lui; les rares égouts qui existaient débouchaient dans ce port et l'immunisation contre le taret était le prix de cette infection des eaux. » Les mollusques et les crustacés perforateurs ne pouvaient vivre dans ces eaux mal odorantes si intensément polluées. Quand les bateaux y jetaient l'ancre, elle ne touchait certes pas fond de sable.

Vers 1890, on a établi de nouveaux égouts qui ont assaini les

---

(1) Voir *Preservation of piling against marine wood borers*, par Stowell Smith, forest assistant; Forest Service, Circular 128, 23 janvier 1908.

(2) Lettres de MM. Estier frères et Cie, Joliette-Marseille (nov. et déc. 1909).

ports en déversant au large les matières usées, toutes les eaux de vidange. La vue et l'odorat y ont gagné ; le vieux port s'est rempli d'eau de mer à peu près pure ; mais cette amélioration est, à l'heure qu'il est, chèrement payée par les dégâts considérables des tarets. C'est à partir de 1895, c'est-à-dire quatre ou cinq ans après la construction du nouveau réseau d'égouts, que leur invasion a été constatée. « Toutes les allèges [1], écrivent MM. Estier, qui n'étaient pas doublées en zinc à ce moment furent simultanément attaquées, et les propriétaires d'embarcations durent procéder d'urgence à d'énormes travaux de réfection des parties immergées de leurs allèges, réfection qui dut se compléter par le doublage en zinc de la totalité des embarcations ; ce qui entraîna des dépenses considérables [2]. » Les spécimens de bois de sapin, de pin, de chêne, envoyés par MM. Estier montrent avec quelle activité travaillent ces terribles perforateurs. Ils sont littéralement criblés de galeries qui réduisent le volume ligneux primitif de plus de moitié, parfois.

**Moyens préservatifs.** — M. Cligny constate, dans son travail déjà cité, que le taret paraît beaucoup moins abondant qu'autrefois. Le froid exerce une action éminemment destructive sur le taret ; on n'en trouve presque pas en hiver et, quand la saison est particulièrement rigoureuse, l'espèce peut se trouver réduite à un très petit nombre d'individus. Le fait a été constaté maintes fois dans les pays du Nord ; mais à Marseille, il ne faut pas évidemment compter sur cette chance de diminution du fléau.

Faudra-t-il, comme d'aucuns le conseillent, renoncer au bois dans les ports et sur les quais et le remplacer par le métal ou par le ciment armé, bien que ceux-ci aient déjà causé beaucoup de mécomptes et ne possèdent pas la souplesse, l'élasticité et la

---

(1) Les allèges utilisées dans le port de Marseille sont des embarcations qui prennent, selon leur forme, le nom de *mahonnes* ou de *chattes*. La mahonne a ses formes arrondies ; son avant, quoique renflé, affecte la forme de celui d'un navire ordinaire ; la chatte, au contraire, est un parallélipipède ayant environ 15 mètres de long sur 6 mètres de large et 2 mètres de hauteur ; mais toutes ces embarcations ne se chargent que sur le pont et non dans l'intérieur.

(2) On peut s'en faire une idée en considérant que ces allèges, qui doivent être d'une solidité à toute épreuve en raison du dur service auquel elles sont astreintes, coûtent environ 15.000 francs chacune, comme frais de construction seulement, et que la Société nouvelle d'embarcations de servitude de Marseille possède à elle seule trois cents de ces embarcations.

ténacité si précieuses de la matière ligneuse? De l'avis de tous, il serait bien préférable de pouvoir continuer à employer le bois, supérieur pour ce genre de services, à toute autre substance. Pour le préserver du taret, est-il nécessaire de le revêtir d'une coûteuse cuirasse métallique? Nullement.

On sait que le bois peut être mis à l'abri des attaques des champignons, quels qu'ils soient ; des insectes, quels qu'ils soient, par des antiseptiques efficaces convenablement appliqués et pénétrant toute la masse ligneuse ; pourquoi des moyens analogues ne réussiraient-ils pas contre le taret?

On a essayé, comme on peut l'imaginer, toutes les méthodes possibles de revêtement et d'imprégnation. Voici l'opinion de M. Cligny sur leur efficacité : « Aucune d'elles n'est entièrement efficace. L'injection de la créosote et des huiles créosotées dans les bois ne leur confère qu'une immunité précaire, à peine supérieure à l'application superficielle des mêmes substances, et l'on peut dire que la protection dure aussi longtemps que la couche extérieure de créosote ; dès que celle-ci est enlevée par l'action des vagues ou par un frottement quelconque, le taret pénètre dans le bois malgré la créosote qu'il contient encore. Mêmes résultats pour les bois injectés de substances arsénicales, cupriques, ferriques, cyaniques. »

Il est en effet très probable que, si la substance préservatrice ne pénètre pas profondément, son efficacité disparaît avec l'usure superficielle ; mais *il faut employer à la fois des bois qui se laissent imprégner à fond et des antiseptiques subtils, très pénétrants, qui diffusent dans toute l'épaisseur du bois,* et il n'y a pas de motif pour que ceux-là n'agissent point pendant toute la durée de la matière ligneuse [1].

Dans la circulaire américaine dont nous avons parlé, on énumère les nombreux moyens essayés pour préserver les pilots de l'attaque des tarets (revêtements de planches, de clous, de peintures, de fer-blanc, de carton goudronné, de ciment, de mélanges divers, injections et imprégnations par des antiseptiques variés) et on arrive aux conclusions suivantes :

« L'expérience a démontré qu'il ne faut aux perforateurs ma-

---

[1] M. Cligny cite l'opinion de M. l'ingénieur en chef Forestier estimant que la créosote, injectée à raison de 300 kilogrammes au moins par mètre cube, constitue un préservatif certain.

rins qu'une très petite surface exposée sans défense pour qu'ils pénètrent dans le pilot et le détruisent complètement. Donc, pour être efficaces, les revêtements doivent être *rigoureusement continus,* ne pas présenter la moindre interruption, et les préservatifs doivent pénétrer tous les éléments de la masse ligneuse. Comme ces mesures de protection sont coûteuses, il faut que la durée du poteau soit assez prolongée pour compenser ces frais. »

Après avoir comparé l'effet des revêtements extérieurs et celui des antiseptiques injectés, M. Smith est d'avis que l'injection de préservatifs chimiques convenablement exécutée est beaucoup plus efficace : « L'injection de créosote s'est montrée sans effet dans quelques cas, très efficace dans d'autres. L'huile doit être insoluble dans l'eau salée et pénétrer profondément dans le bois. *Ce traitement, bien exécuté, forme un magma solide, antiseptique, dans lequel les perforateurs ne pénétreront pas* (1). Là où on a constaté de mauvais résultats, on peut les attribuer à l'emploi d'huiles inférieures ou adultérées ou en quantité insuffisante, ou à une préparation imparfaite du bois avant le traitement (2). L'objection principale contre l'emploi des pilots créosotés est le coût élevé du traitement. Mais lorsqu'on choisit des bois qui s'imprègnent bien, l'on prolonge tellement la durée du poteau que l'on obtient une très sensible économie.

« Les bois qui conviennent le mieux sont ceux dont les tissus s'imprègnent aisément jusqu'au cœur ou, parmi les essences à aubier et duramen bien distincts, celles qui, comme le *Pinus tæda,* les pins à feuilles courtes et les eucalyptus ont un aubier épais, absorbant le préservatif et formant une large cuirasse protectrice. »

Nous croyons aussi, comme l'auteur américain, que les bois blancs ou les bois à large aubier résisteront le plus longtemps aux attaques, et il serait très utile de faire des essais dans cette direction. Il y a beaucoup de chances pour que des bois tels que le peuplier, le sapin, le hêtre, qui s'imprègnent jusqu'au cœur

---

(1) « When properly handled this treatment forms a solid, antiseptic magma that borers will not penetrate. »

(2) Souvent on emploie de l'huile contenant une forte proportion d'éléments facilement volatils ou solubles; ceux-ci disparaissent bientôt et le traitement perd tout ou partie de son effet préservatif. Si l'on n'emploie pas assez d'huile, la zone de bois pénétré sera trop mince ou l'imprégnation trop diluée. Le traitement du bois vert, saturé d'eau, peut avoir comme résultat une pénétration insuffisante ou inégale.

par simple immersion dans le carbolineum chauffé à l'air libre, restent très longtemps à l'abri des attaques des tarets ou des limnories.

Quelques expériences comparatives ont été faites pour éprouver la valeur de certaines compositions antiseptiques. Nous avons vu deux morceaux de sapin provenant de pilots enfoncés dans le port de Pola en mars 1901 et retirés en novembre 1901. L'un des pilots avait été enduit à deux reprises d'une huile d'imprégnation que l'on applique chaude comme le carbolineum Avenarius [1], et l'autre n'a subi aucune préparation. Après huit mois de séjour dans l'Adriatique, le pilot revêtu de l'enduit est intact ; l'autre est criblé de galeries de tarets ; tout le pourtour est déjà détruit; la surface de sa section transversale est réduite de moitié.

Des blocs de chêne, de pitchpin, de peuplier, les uns tels quels, les autres enduits de la mixture dite Sotor, ont été immergés à Heyst-sur-Mer et retirés au bout d'un an. Les blocs enduits étaient indemnes ; les autres étaient attaqués par le taret.

Au sujet de l'efficacité de cette mixture d'imprégnation, dite Sotor, M. Coomans, ingénieur provincial du service de la marine de la province de Zeeland, écrit de Goes (Hollande), le 15 octobre 1907 : « Nous avons, en été 1904, fait attacher au ponton du Catsche Veer, à 70 centimètres au-dessus du niveau de la marée basse, deux morceaux de bois de sapin ayant $1^m \times 0^m 30 \times 0^m 20$. L'un de ces bois n'avait subi aucun traitement, tandis que l'autre avait été traité au Sotor de la manière suivante : bien séché à l'air, le bois a été plongé dans un tonneau dont le fond supérieur avait été enlevé et qui fut rempli aux trois quarts de Sotor entretenu chaud. Le morceau de bois est resté ainsi pendant deux jours dans le bain de Sotor, puis on l'a retourné pour plonger l'autre extrémité dans le bain de Sotor où il est resté encore pendant deux jours. Le bloc, séché à l'air, pesait $32^{kg} 5$ et a absorbé $2^{kg} 5$ de Sotor, soit environ 8 %.

« Au mois de septembre 1907, donc après plus de trois ans, on a pratiqué dans chacun de ces bois une section transversale et on a constaté que le bois non enduit était fortement attaqué par le ver taret, tandis que, sur le bois traité avec le Sotor, on ne pouvait constater aucune trace de perforation.

---

(1) Cette mixture, dite *Sotor*, est fabriquée aussi par la maison Avenarius.

« A mon avis, la durée de l'observation est encore trop courte pour pouvoir formuler une conclusion définitive ; c'est pour cette raison que les observations seront encore continuées pendant un certain temps. »

Voilà des essais encourageants qui doivent exciter les armateurs et les ingénieurs maritimes à chercher dans cette voie la protection des embarcations ou des bois des ports, plutôt que dans des revêtements dispendieux ou dans le remplacement du bois par d'autres matériaux. On trouvera sans doute des antiseptiques encore plus efficaces et moins coûteux que les mixtures actuellement employées. Nous engageons vivement les personnes intéressées à répéter, en les variant, les expériences qui ont été déjà faites aux États-Unis, en Danemark, Hollande, Allemagne, avec les antiseptiques dérivés de la houille (créosote, carbolineum, Sotor, etc.) et à encourager les études des chimistes dans cette direction.

---

# SUR LA RADIOACTIVITÉ

DE

# L'EAU DU PARC SAINTE-MARIE

Par C. GUTTON et E. ROTHÉ

---

Curie a découvert que les gaz dissous dans un grand nombre d'eaux minérales contenaient de l'émanation du radium [1].

La radioactivité des eaux a, depuis, été l'objet de nombreuses études. Le sondage du parc Sainte-Marie provient d'une source thermale artificielle captée à une profondeur connue de 800 mètres et dans des terrains dont la nature géologique a été parfaitement déterminée; il nous a semblé qu'il pouvait être intéressant de chercher si elle était radioactive. Nous avons employé à la recherche de l'émanation active l'appareil de MM. Chéneveau et Laborde [2] et avons suivi exactement la méthode qu'ils indiquent.

L'émanation est une substance gazeuse que laissent échapper les sels de radium et leurs solutions. Elle est radioactive, comme le sel qui lui a donné naissance, c'est-à-dire qu'elle émet des rayons, dont l'une des propriétés est de rendre l'air conducteur de l'électricité. Si donc, dans un cylindre de laiton rempli d'air contenant de l'émanation, on enferme une tige métallique chargée, cette tige se décharge. On étudie la vitesse de décharge en réunissant la tige à un électroscope à feuille d'aluminium dont on visse la cage sur le cylindre. La feuille tombe, on l'observe

---

(1) Curie et Laborde, *Sur la radioactivité des gaz qui proviennent de l'eau des sources thermales* (*Le Radium*, t. III, p. 195).

(2) Chéneveau et Laborde, *Détermination de la radioactivité des eaux minérales* (*Revue scientifique*, I, 1909, p. 449).

toujours dans la même région de son parcours avec un microscope peu grossissant à oculaire micrométrique. Le nombre de divisions dont la feuille se déplace en une minute mesure la quantité d'émanation contenue dans le cylindre.

L'émanation du radium disparaît d'elle-même en se transformant en substances actives qui se déposent sur les parois du cylindre. Curie a en effet montré que la vitesse de décharge était toujours réduite à moitié de sa valeur initiale dans une période de quatre jours. Par suite de transformations spontanées successives des dépôts eux-mêmes, la décharge ne commence à suivre une loi de décroissance régulière que trois heures après que les gaz actifs ont été enfermés dans le cylindre. On prend donc comme mesure de la radioactivité la vitesse de décharge après trois heures.

La période de quatre jours pour une diminution de la radioactivité de moitié de sa valeur initiale est caractéristique de l'émanation du radium.

Pour mesurer la radioactivité de l'eau du parc Sainte-Marie, nous avons extrait par ébullition les gaz dissous. A cet effet, un ballon de cinq litres est rempli d'eau ; il est surmonté d'un réfrigérant ascendant qui condense la vapeur d'eau, tandis que les gaz sont recueillis sur le mercure dans une éprouvette. Un tube à robinet fait communiquer la partie supérieure de l'éprouvette avec un tube desséchant à ponce sulfurique, puis avec le cylindre en laiton de capacité de trois litres, de l'appareil de Chéneveau. On a fait le vide dans ce cylindre et on y aspire de temps en temps les gaz recueillis dans l'éprouvette.

Après un quart d'heure, tous les gaz étant dégagés, on arrête l'ébullition et on achève de remplir le cylindre à la pression atmosphérique.

En faisant traverser l'appareil par le courant d'air, on entraîne les gaz actifs qui peuvent y rester.

La tige intérieure au cylindre est alors isolée et reliée à l'électroscope. Après trois heures, on la charge et on observe sa vitesse de décharge. Tandis que la décharge spontanée de l'électroscope, lorsque le cylindre est plein d'air atmosphérique ordinaire, est de $0^{div}3$ par minute, elle a été trouvée de 40 divisions lorsque le cylindre contient les gaz dissous dans cinq litres d'eau.

La vitesse de décharge de l'électroscope a ensuite été étudiée de temps en temps pendant quatre jours. La courbe qui représente la diminution de radioactivité en fonction du temps correspond à une réduction de moitié en trois jours et demi. Mache et

Adams ont déjà signalé de telles diminutions un peu plus rapides que celles de l'émanation du radium. La cause n'en est pas connue, on peut l'attribuer à la présence dans les gaz d'un autre élément actif.

Pour essayer si, outre l'émanation recueillie avec les gaz dissous, l'eau du parc Sainte-Marie ne contenait pas en solution des sels de radium eux-mêmes, nous avons laissé l'eau bouillie dans le ballon pendant huit jours. Une seconde ébullition et un second essai à l'électroscope n'ont plus rien donné, ce qui prouve qu'il n'y a pas de sels de radium ; ceux-ci, en huit jours, auraient donné naissance à une nouvelle quantité d'émanation. Si, d'ailleurs, la présence d'émanation est très fréquente dans l'eau, les sels de radium y sont au contraire extrêmement rares et n'ont été signalés dans aucune des eaux françaises.

Le nombre de divisions dont tombe la feuille de l'électroscope en une minute dépend de l'appareil employé. Afin de rendre comparables les mesures faites par divers observateurs et pour différentes sources, on exprime la radioactivité par la quantité d'émanation qu'il faudrait introduire dans le cylindre pour obtenir la même décharge.

Dix litres d'eau du parc Sainte-Marie, d'après les mesures faites le 23 juillet 1909, ont une radioactivité de 0,065 milligramme-minute, c'est-à-dire qu'ils contiennent en dissolution une quantité d'émanation égale à celle que dégage en une minute 0,065 milligramme de bromure de radium pur.

Le tarage de l'appareil n'exige pas, en réalité, que l'on ait à sa disposition une solution titrée de bromure de radium. Pour leurs appareils, qui sont tous semblables, MM. Chéneveau et Laborde ont déterminé le rapport de la vitesse de décharge qui correspond à un milligramme-minute d'émanation, à la vitesse de décharge, sous l'influence des rayons émis par un disque de dimensions données, recouvert de 10 grammes d'oxyde noir d'uranium et placé à une distance donnée de l'électroscope. Ce rapport est indépendant de la feuille d'aluminium de l'électroscope et, puisqu'on le connaît, il suffit d'étalonner avec l'oxyde d'uranium, qu'il est toujours facile de se procurer.

Nous avons étudié les gaz qui se dégagent spontanément de l'eau à la source; leur radioactivité a été trouvée égale à 0,017 pour 250 centimètres cubes de gaz. Cette quantité de gaz provenait d'un très grand volume d'eau. Pour dix litres d'eau, la radioactivité de la très faible quantité de gaz qui se dégage spontanément est donc très faible par rapport à celle des gaz qu'on retire

en chauffant et en faisant bouillir l'eau. La période de diminution à moitié de la radioactivité a aussi été trouvée égale à trois jours et demi dans ces nouvelles expériences.

Pour vérifier le bon fonctionnement de l'appareil, nous avons fait des essais sur l'eau de Moselle des conduites de la ville de Nancy, le 22 juillet 1909. Nous nous sommes aperçus que cette eau présentait une radioactivité, qui quoique faible était très appréciable, puisque la décharge de l'électroscope qui était de $0^{div}3$ par minute devenait égale à 9 divisions, trois heures après l'introduction dans l'appareil des gaz dissous dans cinq litres d'eau. Cette décharge correspond, pour dix litres d'eau, à une radioactivité de 0,015 milligramme-minute. Nous nous sommes assurés que cette décharge n'était pas due à des défauts d'isolement provenant de l'introduction d'air humide dans le cylindre, en opérant sur de l'eau qui avait déjà été bouillie. Nous n'avons alors plus rien trouvé.

MM. Chéneveau et Laborde ont essayé les eaux des sources de montagne dans les hautes Vosges, aux environs de Bussang, et leur ont trouvé une radioactivité de 0,04 milligramme-minute. Il n'est pas étonnant, si le passage de l'eau dans les granits ou les grès vosgiens la rend radioactive, que l'eau de la Moselle le soit un peu.

Afin de pouvoir se rendre compte de la grandeur de la radioactivité trouvée pour l'eau du parc Sainte-Marie, nous donnerons les radioactivités de quelques eaux françaises, d'après Curie, Chéneveau ou Laborde.

Les plus radioactives sont celles du puits de Choussy, à la Bourboule, 3,5 ; de la source des Capucins, à Plombières, 2,03 ; de la source Grande-Salmade, à Bussang, 1,03. L'eau de Contrexéville a donné 0,098 ; celles de Vichy, Vittel, Evian, Uriage (0,015) sont très peu actives et leur radioactivité est plus faible que celle de l'eau du parc Sainte-Marie, 0,065.

Pour terminer, nous signalerons que la radioactivité de l'eau d'une source thermale est très variable. Des essais faits depuis et encore incomplets sur l'eau du parc Sainte-Marie nous ont permis de constater de pareilles variations. Des mesures faites au cours de plusieurs années pourront seules permettre de savoir si elles sont périodiques.

# RECHERCHES

SUR

# LES PTÉRIDOSPERMES

## *(Fougères à graines du terrain houiller)*

par M. C. GRAND'EURY

---

Jusqu'à ces derniers temps, l'on a rangé parmi les fougères, auxquelles elles ressemblent d'ailleurs de tout point, un grand nombre de plantes fossiles filicoïdes que maintenant l'on sait ou soupçonne avoir porté des graines.

Ces plantes constituent une nouvelle classe de végétaux que MM. H. Scott et W. Oliver proposent d'appeler Ptéridospermes, réservant le nom, antérieurement créé en 1877 par M. Potonié, de *Cycadofilices* à ceux de leurs stipes dont la structure est conservée.

Ces stipes inscrits sous les noms de *Medullosa, Lyginodendron*, d'accord avec les graines des Ptéridospermes, rapprochent celles-ci des Cycadées, dont toutefois les éloignent le port, l'habitat et le mode de propagation.

Nous verrons, en effet, que leurs tiges et branches ramifiées irrégulièrement leur donnaient un port d'arbre ordinaire, et que, amies des eaux comme toutes les plantes de la houille, elles se propageaient à la façon des Hydrophytes par des stolons rampants; quelques-unes, les *Doleropteris*, étaient des plantes aquatiques à feuilles nageantes.

Nous verrons en outre, et c'est là le trait le plus singulier des Ptéridospermes, que, simples de forme et de structure, elles se

différenciaient beaucoup moins par les organes végétatifs que par leurs graines très diversement variées.

En raison de l'intérêt que présentent ces plantes anormales, j'ai pris à tâche, depuis bientôt dix ans, de les étudier, comme autrefois les *Cordaïtes,* sur le terrain même et dans tous les étages carbonifères : le Culm de Bretagne, le Westphalien franco-belge, le Stéphanien du Plateau central et le Permien à Autun et aux mines de Bert. Les résultats obtenus ont fait l'objet de plusieurs communications à l'Académie des sciences [1].

Depuis la dernière, en date du 15 juin 1908, j'ai continué mes explorations, groupé et dessiné les graines recueillies provenant de tous ces étages, extrait de mes carnets de voyage les croquis pris sur place des organes que leurs grandes dimensions empêchent de collectionner, et je me crois en possession de données suffisantes pour présenter le résumé d'une monographie des Ptéridospermes.

Ce résumé est divisé comme suit :

I. Recherche et attribution des graines et anthères ;
II. Formes et organisation des graines ;
III. Stipes, branches et tiges ;
IV. Souches, stolons et racines ;
V. Considérations générales.

## I

## Recherche et attribution des graines et anthères

Avant 1904, on ignorait l'existence des fougères à graines ; c'est à peine si, présentement, on en connaît quelques-unes, et le problème à résoudre est à la fois de rechercher leurs graines et de les attribuer aux feuilles. C'est le seul moyen que nous ayons de distinguer les fougères à graines des véritables fougères, comme du reste les Gymnospermes des Cryptogames des terrains primaires.

Mais quelles peuvent bien être les graines du groupe entrevu des Ptéridospermes ? Ce ne peut être en tout cas celles plates

(1) *Comptes rendus :* 1904, 1er sem., p. 607 ; 2e sem., pp. 53 et 782 ; 1905, 1er sem., p. 920 ; 2e sem., p. 812 ; 1906, 2e sem., pp. 664 et 761 ; 1908, 1er sem., p. 1241.

bigones ou biptères rapportées aux Cordaïtes, les seules Gymnospermes houillères actuellement connues, mais bien les autres graines, la plupart à symétrie axiale, qui abondent également dans le terrain houiller. Ne pouvant plus rapprocher celles-ci des Calamodendrons ni des Sigillaires définitivement classées dans les Cryptogames vasculaires, ni supposer avec le marquis de Saporta qu'elles ont pu être apportées de régions lointaines et provenir de plantes dont il ne nous serait parvenu aucun autre vestige, on ne voit que les fougères pour se les approprier. Elles gisent en effet de préférence avec ces fossiles, si bien que là où ils manquent, comme à Aniche (Nord), il n'y a pas de ces graines.

Mais les fougères avec graines attachées sont si rares, que l'on est resté près d'un siècle sans en trouver une seule.

Aussi, leur découverte toute récente a marqué comme un événement paléontologique. Par ordre de date, ont été annoncés : 1° fin décembre 1903, par M. R. Kidston, un *Nevropteris heterophylla* dont la pinnule terminale est remplacée par une graine striée ; 2° en janvier 1904, par MM. Scott et Oliver, les liaisons anatomiques qui relient la graine *Lagenostoma Lomaxi* au *Sphenopteris Höninghausi ;* 3° en décembre 1904, par M. David White, un *Aneimites fertilis* avec de petites graines au bout des pinnules; 4° en mars 1905, par moi, des *Pecopteris Pluckeneti* portant des centaines de graines fixées à l'extrémité des nervures de pinnules non modifiées ; 5° en 1908, par M. Newel Arber, un *Sphenopteris* indéterminable portant de petites graines au bout des lobes foliaires. Entre temps, en 1905, cet auteur nous avait fait connaître l'inflorescence du *Lagenostoma Sinclairi.*

Soit en tout quatre ou cinq espèces de fougères déterminables avec graines attachées. La provision en a été vite épuisée, on n'en trouve plus, et je crois qu'il y a peu d'espoir d'en découvrir beaucoup d'autres, parce que le plus grand nombre des graines à attribuer ne se sont pas détachées de feuilles, mais d'inflorescences indépendantes ; si bien que, si pour résoudre le problème posé on ne comptait que sur des hasards de fortune, il est fort à craindre que l'on resterait un temps indéfiniment long dans l'ignorance de la plupart des Ptéridospermes et que l'on n'arriverait jamais à les connaître toutes.

Heureusement que l'exploration sur le terrain peut suppléer à

la lenteur et à l'insuffisance de l'information directe, et voici comment :

Les restes fossiles n'ont pas été dispersés au hasard de la sédimentation ; très souvent, les organes des mêmes plantes sont rassemblés pêle-mêle sans mélange d'autres fossiles, par exemple les tiges, branches, feuilles, épis et graines de *Cordaïtes*, et cela parfois même sur leurs racines, les débris de Lepidophytes sur *Stigmariopsis* et *Stigmaria*, les *Pecopteris*, les *Caulopteris*, *Psaroniocaulon* et *Psaronius* sur le tapis de racines formé de leurs rhizomes rampants, etc.

Ces cas sont très fréquents, et, lorsqu'on trouve réunies toujours les mêmes graines avec les mêmes feuilles, on peut, je crois, les identifier avec la certitude qui s'attache au raccordement des divers organes des *Cordaïtes*, des *Pecopteris*, etc.

Dans ce cas, la communauté de gisement des restes fossiles entraîne leur dépendance mutuelle.

Par la communauté de gisement, je croyais avoir retrouvé les graines des *Alethopteris*, *Odontopteris*, *Nevropteris*, lorsque furent annoncées les découvertes de MM. Kidston et Scott.

Fort de ces découvertes, je me décidai à signaler les miennes, bien que moins concluantes, à l'Académie des sciences, en mars, juillet et novembre 1904.

Comme gages de l'excellence du procédé, je citerai les deux faits suivants : l'association fréquente du *Carpolithes punctatus* au *Pecopteris Pluckeneti*, qu'une bonne fortune m'a fait trouver attachés l'un à l'autre ; 2° l'association non moins fréquente du *Schizopteris pinnata* au *Doleropteris pseudo-peltata*, deux fossiles placés dans deux genres très éloignés, que dernièrement, à ma grande surprise, j'ai trouvés réunis faisant partie de la même fronde.

Dans ces deux cas comme dans tous ceux cités plus haut, on voit sur le terrain que les débris de plantes ont été peu charriés.

Lorsqu'ils ont subi un plus ou moins long transport, ils sont séparés et éloignés les uns des autres, ce qui explique pourquoi, dans les schistes feuilletés qui supposent un long flottage de plantes fossiles, il n'y a pas de graines avec les *Nevropteris*, non plus, du reste, qu'avec les *Cordaïtes*.

Ces observations et réserves faites, voici comment et dans quelles circonstances j'ai découvert et attribué leurs graines à la

plus grande masse des Ptéridospermes, à commencer par celles du Culm.

### Attribution des graines

Aux mines de Mouzeil (Loire-Inférieure), la flore fossile se compose exclusivement de Lepidodendron et Stigmaria, et de *Sphenopteris* (*Sph. Dubuissonis, tenuifolia, Moravica, dissecta, elegans*), les uns et les autres en partie enracinés dans les roches où sont accumulés leurs débris, circonstances éminemment favorables à leur raccordement. De préférence avec les Sphenopteris gisent d'innombrables petites graines qui, en bloc, leur appartiennent forcément, au même titre que les Sporanges et Macrospores aux Lepidodendrons. Quelques-unes de ces graines ressemblent d'ailleurs au *Lagenostoma Lomaxi* et, coïncidence frappante, les écorces desdits Sphenopteris, à celle du *Lyginodendron Höninghausi,* à qui appartient cette graine.

J'ai recueilli environ six types de graines, autant qu'il y a d'espèces de feuilles. J'ai commencé à rapprocher ces graines de leurs frondes respectives.

Ailleurs, à Fuissé, près de Mâcon, dans les schistes de grauwacke du Culm, M. le Dr Vaffier a trouvé de nombreux *Sphenopteris*, en partie les mêmes qu'à Mouzeil, mais sans graines, celles-ci ayant été séparées et éloignées des feuilles par le long transport que suppose la schistosité de la roche. A noter encore que dans le Culm du Roannais il n'y a ni fougères ni graines.

A mes deux derniers voyages en 1908 et 1909, dans le nord de la France, j'ai retrouvé à plusieurs endroits les mêmes petites graines, en compagnie des *Sphenopteris-Nevropteroides trifoliolata, obtusiloba, Schillingsi*. Les plus petites de ces graines rappellent celles terminant les lobes du *Sphenopteris* indéterminable cité plus haut. J'ai aussi trouvé, dans le voisinage d'autres Sphenopteris, des graines aussi petites mais à côtes ou arêtes et plus ou moins décorées, qui témoigneraient, si toutes provenaient de Sphenopteris, d'une grande variété de ces Ptéridospermes dans le Westphalien.

Dans le Westphalien franco-belge les stations sont nombreuses, notamment à Lens, où les *Trigonocarpus* sont si intimement

mêlés aux Alethopteris qu'ils paraissent bien en être les graines, ce dont se porte garante l'union du *Pachytesta gigantea,* à noyau trigone, à l'*Alethopteris Grandini.* Cette union est légitimée par la communauté de gisement, déjà signalée en 1877 (1), de cette graine, la plus grosse du terrain houiller, avec les stipes et frondes de cette fougère des plus abondantes dans le bassin de la Loire ; j'ai trouvé du reste le *Pachytesta* en rapport de connexion avec des axes qui se relient manifestement aux stipes de cette fougère.

Dans le bassin franco-belge, où les *Nevropteris* sont au nombre des fossiles les plus communs, il se trouve de rares graines striées ou ailées que je ne leur rapporterais pas avec assurance, si avec les *Nevropteris* Stéphaniens n'étaient inséparablement associées à eux de très nombreuses graines polyptères qui leur appartiennent en toute certitude. Ces graines revêtent des formes très variées et sont richement organisées.

Dans le Pas-de-Calais et à Saint-Étienne, les *Linopteris* remplissent certains schistes de leurs débris auxquels sont intimement mêlées des graines hexagones enveloppées dans une chemise striée, lesquelles s'y adaptent sûrement ainsi que de petits disques floraux, et cela avec autant de certitude que si je les leur avais trouvés attachés.

Il en est de même des graines plus délicates à vingt-quatre sillons qui, accompagnant partout à Saint-Étienne les débris d'*Odontopteris,* ne s'en peuvent séparer.

C'est ainsi qu'avec le temps et non sans beaucoup de peine j'ai attribué spécifiquement leurs graines aux *Alethopteris Grandini, Nevropteris flexuosa* et *Planchardi, Linopteris Brongniarti* et *sub-Brongniarti, Odontopteris Reichiana,* etc., c'est-à-dire aux principaux types de la famille des Névroptéridées (2). J'ai bien des fois constaté que leurs graines sont disposées en épis séparés des feuilles.

Longtemps j'ai recherché la plante qui a porté le fort curieux *Codonospermum anomalum* muni d'une chambre à air. Dispersé à cause de cela, il a fallu des circonstances favorables pour me la faire rapporter au *Doleropteris pseudo-peltata.* Ces sortes de

(1) *Flore carbonifère,* page 565.
(2) *Ibidem,* page 110.

graines, étant variées, dénotent l'existence de plusieurs espèces de Ptéridospermes aquatiques.

Je ne suis pas encore parvenu à attribuer avec quelque certitude les curieux *Ptychotesta, Stephanospermum, Sphærospermum,* non plus que nombre d'autres graines.

Je tenais spécialement à retrouver celles des *Callipteris,* fougères caractéristiques du Permien, qui, par leurs stipes, ne paraissent pas éloignées des Névroptéridées. Je n'ai pu les rechercher que dans les schistes bitumineux d'Autun, où les fossiles sont dispersés, en faisant l'inventaire de la flore fossile de l'assise où s'exploite, aux Télots et à Margenne, le boghead. Or, dans les roches provenant de l'exploitation et des recherches, sont également répandus des *Callipteris* du type *conferta* et des graines bacciformes signalées sous le nom de *Carpolithes socialis.* Ces deux fossiles vont de pair, mais les mêmes graines se trouvant aussi avec les *Walchia, Pinites,* je n'ai été convaincu de leur attribution aux *Callipteris* qu'après avoir mis la main sur les graines assez différentes de ces deux derniers fossiles. Deux faits sont d'ailleurs de nature à confirmer cette attribution : 1° une inflorescence en grappe de *Carpolithes socialis,* laquelle se raccorde assez bien aux stipes de *Callipteris ;* 2° et surtout le mélange de graines analogues au *Callipteris conferta,* formant à lui seul un banc de charbon aux mines de Bert (Allier).

## Appareils mâles

Mes recherches laisseraient grandement à désirer si je ne m'étais aussi préoccupé des organes mâles des Ptéridospermes. Éphémères et très délicats, ils sont malheureusement très mal conservés. Les anthères ont été confondues avec les fructifications de fougères.

Aussi était-il très désirable de mettre la main sur une fougère à graine qui fût en même temps pourvue d'organes mâles. Le *Pecopteris Pluckeneti* était dans ce cas depuis que j'avais trouvé attachés des groupes étoilés d'anthères aux réceptacles, qui avaient induit à rapprocher cette fougère à graines des *Dicksonia.* Mais ce Pecopteris est aberrant, et bien plus significative est la

découverte par laquelle M. Kidston [1] nous a fait connaître la fructification mâle du *Sphenopteris Höninghausi* dont on a la graine ; cette fructification affecte la forme de *Crossotheca* à loges biloculaires, mais, chose surprenante, celles-ci contiennent des microspores de 50 μ de diamètre qui auraient remplacé le pollen dans l'acte de la fécondation ! Cependant, dans nos graines silicifiées, ce sont bien des grains de pollen qu'on observe au sommet du nucelle. En tout cas, la découverte de M. Kidston nous invite à tenir les *Crossotheca* pour des fleurs mâles de Ptéridospermes, et à rapprocher de celles-ci les fougères sphénoptéroïdes portant cet appareil figurées par M. Zeiller dans sa *Flore du bassin houiller de Valenciennes*.

A part ça, les organes mâles sont peu connus, bien qu'ils soient moins indépendants des feuilles que les graines. Je ne connais bien que ceux des *Odontopteris Reichiana, Nevropteris flexuosa, Linopteris,* lesquels diffèrent beaucoup les uns des autres.

Les anthères sont minuscules, et ne paraissent pas comporter la grosseur des prétendus sporanges de l'*Hymenophyllites Beyschegi* [2], qui a plutôt l'apparence d'une inflorescence femelle de quelque Ptéridosperme.

## II

### Formes et organisation des graines

Si l'on n'avait que les empreintes des graines fossiles, on ne se ferait qu'une idée vague et insuffisante de celles des Ptéridospermes, que cependant il importe d'autant plus de connaître dans le détail que, étant, verrons-nous, le plus diversifié de tous les organes de ces plantes singulières, semble par cela même en posséder les caractères spécifiques.

Rien n'était donc plus désirable que la découverte de gisements où les graines sont pétrifiées et leurs divers tissus conservés. Sous ce rapport, nous avons, en France, été très favorisé en découvrant à Grand'Croix, près Saint-Étienne, dans des blocs d'une calcédoine contemporaine de celle de Saint-Priest, une très riche collection de graines très variées, parfaitement conservées.

---

(1) *Ph. trans. of the Royal Society of London*, 1906, page 413.

(2) *Preuss. geol. Landesanstalt*, 1890.

Mon grand maître Ad. Brongniart les a étudiées dès 1871 jusqu'à sa mort. En 1874, il avait déjà reconnu six genres de graines de Cordaïtes, et onze genres de graines à symétrie rayonnante(1). En 1881, les graines de Cordaïtes et deux seulement des graines de Ptéridospermes furent publiées avec luxe sous les auspices de J.-B. Dumas. Depuis, mon ami B. Renault a trouvé dans les mêmes calcédoines cinq autres genres de graines; quatre à cinq non moins nouveaux sont à l'étude : total vingt genres ou types génériques de graines pétrifiées, non compris quelques remarquables graines calcifiées plus anciennes que nous ont fait connaître les auteurs anglais.

Les enveloppes et téguments sont tous conservés, savoir, dans les graines des Névroptéridées : 1° à l'extérieur, un sarcotesta où montent des faisceaux vasculaires, et un sclérotesta ; 2° à l'intérieur, l'épiderme du nucelle que parcourent des faisceaux vasculaires, et la mince membrane du périsperme. Le nucelle n'est pas adhérent au testa, il en est séparé dès la base et, autre particularité fort singulière, sa partie supérieure est occupée par une vaste chambre où sont emmagasinés des grains de pollen. Au-dessous de cette chambre pollinique apparaissent souvent des sacs embryonnaires, mais jusqu'à présent, dans les centaines de graines préparées pour l'examen au microscope, aucune trace d'embryon, ce qui a fait dire que nos graines sont restées à l'état d'ovules, et supposer qu'elles ne se fécondaient elles-mêmes qu'au moment de la germination. Mais alors, pourquoi y a-t-il tant de graines fossiles qui n'aient pas germé dans leur milieu habituel ? Elles étaient cependant lourdes, puisqu'elles ont gagné le fond des eaux et que, charriées, elles gisent plutôt dans les grès que dans les schistes ; et étant, dans les roches ordinaires, représentées par une épaisseur de charbon de 1 à 4 millimètres, il est difficile d'admettre qu'elles n'aient pas atteint, avant de se détacher des plantes mères, le degré de maturité voulu pour remplir leur rôle.

Dans nos calcédoines, nombre de petites graines sont dépourvues de sarcotesta. Les graines de Sphénopteris westphaliens paraissent être dans ce cas.

Cependant, sur de nombreux échantillons de Mouzeil, on voit des graines aussi simples de différents types sortir d'involucres

(1) *Comptes rendus*, 1874, 10 août.

primitivement fermés, que représente, ouverts à partitions étalées, l'inflorescence figurée par D. Stur sous le nom de *Calymmotheca Stangeri*.

D'autre part, ayant vu plusieurs de ces graines isolées au bout de fins rameaux, j'ai lieu de croire qu'elles se sont détachées d'inflorescences analogues à celle des *Lagenostoma Sinclairi*.

En somme, les inflorescences femelles des Névroptéridées sont disposées en épis, celles des Sphénoptéridées en grappes ; les inflorescences mâles sont aussi différentes ; les graines récoltées dans tous les étages carbonifères sont prodigieusement variées ; tout témoigne ainsi de l'existence, durant la période primaire, d'un vaste groupe de Ptéridospermes, dont les organes de végétation, contrairement à la règle propre aux Angiospermes, étaient comparativement moins variables que ceux de reproduction, ainsi qu'il va être possible d'en juger.

## III

### Stipes, tiges, branches

Jusqu'à présent, de tout l'appareil végétatif des Ptéridospermes il n'a guère été figuré, il est vrai à profusion, que les feuilles.

Les stipes et tiges des Névroptéridées ont été simplement inscrits sous le nom d'*Aulacopteris* (1), nom justifié par leur surface striée aussi régulièrement que les feuilles de Cordaïtes. Réduits à une mince écorce charbonnée, mais d'une surface dix fois plus grande que les limbes foliaires, ils sont abondamment répandus, formant une notable partie du charbon dans le Westphalien comme dans le Stéphanien.

J'ai observé de nouveau avec grande attention ces grands fossiles, et découvert au milieu d'eux des tiges également striées, aplaties, larges de 30 à 40 centimètres, émettant tout autour, à intervalles variables, des branches très inégales de 05 à 15 et 20 centimètres, non caduques, en prolongement latéral des tiges, les stries des tiges passant dans les branches. J'en ai fait mettre à nu des tronçons de 4 à 5 mètres de longueur, qui, avec des branches ramifiées aussi irrégulièrement, tout au moins à leur

(1) *Flore carbonifère*, p. 122.

base, révèlent un port d'arbre ordinaire, et non de tiges colonnaires aux feuilles caduques comme les fougères arborescentes. Les dernières ramifications des branches se terminent par de grandes frondes filicoïdes enroulées en crosse dans le jeune âge, comme les feuilles de fougères.

La structure des branches est simple comme celle des Marattiacées, à laquelle B. Renault l'a comparée en la décrivant sous le nom de *Myelopteris*. Les branches sont en effet remplies de tissu cellulaire traversé par des filets vasculaires parallèles, disposés, au gros bout qui est rond, symétriquement autour de l'axe central, et aux extrémités devenues ovales, symétriquement par rapport à un plan, comme dans les rachis. C'est dans nos calcédoines que B. Renault a raccordé les *Myelopteris* qui y sont contenus à l'*Alethopteris Grandini*. Les tiges de cette gigantesque fougère à graines, ressemblant par la surface au *Colpoxylon Aduense*, renferment épars dans le tissu cellulaire qui les remplit aux trois quarts, très peu de bois sous forme de bandes repliées. On ne sait pas comment s'opère le passage de cette structure à celle des branches.

Quoi qu'il en soit, tiges et branches remplies de tissu parenchymateux, ayant poussé à plein diamètre, dénotent une végétation au plus haut degré vigoureuse de plantes très ramifiées joignant à la consistance des herbes le port d'arbres ordinaires de 5 à 10 mètres de hauteur et plus.

Les Sphénopteris, beaucoup plus petits que les Névroptérides, ont de minces tiges également ramifiées sans ordre et une structure analogue, à cette seule différence près que leur écorce, au lieu d'être striée, est subéreuse et maillée.

En recherchant les signes auxquels il deviendrait possible de distinguer les frondes des fougères à graines de celles des véritables fougères, j'ai remarqué que les stipes et branches des Ptéridospermes à présent connues ont une tendance marquée à la bifurcation. Ce caractère s'ajoute, chez les Névroptéridées, aux stries des stipes qui, reflétant la structure interne, ont une valeur de premier ordre.

Réunissant ce double caractère de stipes striés et bifurqués, les Sphénopteris-Névroptéroïdes pourraient ainsi être rapprochés des Ptéridospermes, sans le secours des graines qui les accompagnent.

A plus forte raison en est-il de même des *Palæopteris hibernica, Cyclopteris Acadica, Archæopteris Römeriana, Rhacopteris inæquilatera,* etc., toutes plantes fossiles dont le feuillage ressemble beaucoup plus à celui des *Nevropteris,* ayant comme ceux-ci des stipes bifurqués aussi nettement striés jusqu'à des tiges analogues quoique plus petites (*Caulopteris Peachii, Lockwoodi,* etc.). En faveur de ce rapprochement, on peut invoquer la présence dans les mêmes étages de graines comparables à celles des Névropteris (*Carpolithes nidulus, Rhynchogonium,* etc.) et même des structures (*Cladoxylon, Kalymma*) non bien différentes de celles de *Medullosa* et de *Myelopteris.* La seule différence essentielle qui éloignerait alors ces fougères archaïques des Nevropteris résiderait dans les organes mâles dont la forme, le port et la disposition sont très caractéristiques.

Ce rapprochement en implique un autre de non moindre importance : l'accession aux Ptéridospermes, par le même appareil mâle, de fougères encore plus anciennes, squelettiformes, et même des *Psilophyton* propres au Dévonien ; et, ce qui est de nature à le prouver, c'est que dans le milieu de cet étage géologique, parmi quelques maigres Lépidodendrons et des fougères déchiquetés, à rachis bifurqués portant les mêmes fructifications, j'ai trouvé de petites graines qui ne peuvent provenir que de ces fougères primitives.

## IV

### Souches, stolons, racines

Ces organes sont totalement inconnus, il n'en est fait mention nulle part ; ils ne sont pas, du reste, ayant de grandes dimensions et des formes peu précises, de ceux que l'on collectionne. Mais leurs différentes parties, étant déformées et souvent entremêlées, sont faciles à confondre, et je ne me flatte pas de les avoir démêlées ni interprétées toutes d'une manière définitive.

Ce que j'ai le mieux distingué, ce sont les souches des Névroptéridées : elles apparaissent comme des tiges écrasées et élargies sur le sol, produisant en haut des ramifications striées, bases des stipes et tiges, et en bas des racines souterraines, avec des crampons pour se mieux fixer au sol.

A bien observer l'ensemble et les alentours des souches, on aperçoit, en rapport avec elles, des espèces de stipes rampants striés envoyant, en certains points de leur parcours, en haut des branches, en bas des racines. Renfermant des bandes vasculaires, ces organes rampants sont évidemment des stolons destinés à propager la plante à la manière des Hydrophytes, et c'est sans doute grâce à ce mode de multiplication que les Ptéridospermes se dispensaient parfois de fructifier, ce qui expliquerait pourquoi à Somain (Nord), par exemple, je n'ai pu découvrir aucune graine parmi les *Sphenopteris Höninghausi* accumulés en grande masse dans un banc de schiste, non plus qu'à Montrambert (Loire), au milieu d'un très grand nombre d'*Odontopteris Schlotheimi* dans un système de dépôt où cependant quelques-uns sont enracinés.

C'est un fait constant que les stipes de *Nevropteris, Odontopteris* sont encombrés d'innombrables radicelles aquatiques formant parfois un feutrage analogue à celui des plantes palustres; elles sortent en touffes par dérivation des stipes, leur masse l'emporte sur celle des racines souterraines.

Parmi elles, se trouvent des feuilles qui, ayant poussé dans l'eau, sont restées très minces, membraneuses, sans nervures accusées; mais, et cela est à faire remarquer, elles ont, dans ce milieu, conservé, à peu de chose près, le contour et la forme des feuilles normales. Ces feuilles aquatiques sont particulièrement nombreuses avec les *Nevropteris cordata, Odontopteris Schlotheimi.*

Des souches étalées, larges de 50 centimètres à $1^{m}50$, d'où s'élevait un nombre variable de stipes et tiges, partent en rampant avant de plonger obliquement dans le sol de végétation, des branches radicantes bifurquées, à surface unie où ressortent quelques filaments analogues à ceux des stipes, qui en trahissent la nature. Et, chose déconcertante, ces branches se prolongent en se ramifiant sans changer d'aspect jusqu'aux racines, de telle sorte que je serais bien embarrassé de dire où commencent celles-ci. On remarque en même temps, en rapport avec les souches, de pareilles branches libres ayant flotté au fond des eaux ; celles de ces branches trouvées silicifiées sont à l'étude.

Mes dessins montrent plusieurs stolons striés envoyant dans le

sol des branches radicantes à surface unie, qui se terminent également par des racines souterraines.

Les racines souterraines comme les racines aquatiques sont très subdivisées, donnant en dernier lieu naissance à de nombreuses radicelles analogues, quoique plus longues, à celles des Cordaïtes, mais elles ne sont pas pennées, bilatérales comme ces dernières. Les racines souterraines comme les racines aquatiques sont protégées par une légère couche de suber. En empreintes, leur axe passablement charbonneux est bordé de tissu subéreux. Les racines silicifiées, qui leur ressemblent le plus et que M. Scott, à Paris, a au premier coup d'œil trouvées analogues à celles de son *Medullosa anglica* (1), possèdent un axe ligneux à bois secondaire et, éloignée de cet axe, une écorce de liège.

Bien différentes sont les racines de fougères : plus grosses, plus égales, moins ramifiées, leur épiderme est cellulaire ou fibreux ; le faisceau vasculaire des racines de Psaronius, d'après les coupes de M. Pelourde, est organisé comme celui des Marattiées.

## V

### Considérations générales

En résumé, d'après ce qui précède, l'aspect général que l'on peut prêter aux Névroptéridées est celui d'arbres ou d'arbustes dont toutes les parties, des feuilles aux racines, sont en parfaite continuité comme si elles figuraient les modifications d'un seul et même organe. Cependant les branches, tiges et racines possèdent, à l'intérieur, des structures bien différentes, mais si simples qu'on les a tout aussi bien comparées à l'organisation des fougères qu'à celle des Cycadées.

Par contre, les feuilles revêtent des formes multiples, groupées en une douzaine de genres.

Quant aux graines, elles sont incomparablement plus différenciées que les feuilles : j'ai compté plus haut 20 genres de graines pétrifiées et, en évitant tout double emploi, j'en compte 20 autres sur mes dessins; 10, de formes aussi différentes, sont figurées dans les ouvrages de Sternberg, Göppert, Lesquereux, etc.,

(1) *Ph. trans. Royal Society London*, 1899, pl. 8, fig. 21.

et je reste au-dessous de la vérité en évaluant à 10 les types de graines à découvrir dans les différents étages carbonifères ; total : 60 types génériques fondés principalement sur la forme extérieure, contre 12 groupements de feuilles. J'ai annoncé ailleurs (1) qu'aux espèces de Nevropteris de Saint-Étienne correspondent autant de types de graines polyptères, c'est-à-dire 4 à 5, qui, joints à ceux des mêmes plantes du Westphalien, forment un total de 10 types de ces graines pour le seul genre *Nevropteris*. Qu'il y ait autant de types de graines que d'espèces de feuilles, cela paraît possible dans un genre devenu à Saint-Étienne des plus hétérogènes. Mais que plusieurs espèces de graines correspondent à une espèce de feuille, personne ne le croirait. C'est cependant ce qui se présenterait dans le genre homogène *Alethopteris* si tous les *Trigonocarpus* s'y rapportaient, ces graines étant de forme et de structure si variées que, en faisant la plus large part aux variations individuelles, il reste plusieurs espèces de *Trigonocarpus* pour chaque espèce d'*Alethopteris*. Il correspond bien, à Rive-de-Gier (Loire), à une simple modification de l'*Alethopteris Grandini*, des *Pachytesta* de forme et de grandeur différentes du *Pachytesta gigantea*. Mais j'ai quelque raison de croire que certaines graines à trois valves appartiennent à d'autres fougères, à des *Nevropteris* et à des *Callipteridium*. Quoi qu'il en soit, les graines du terrain houiller ne s'en montrent pas moins, dans l'ensemble, beaucoup plus diversifiées que les feuilles correspondantes. Faut-il encore citer, à l'appui de cette thèse, que les *Linopteris Brongniarti* et *sub-Brongniarti*, deux espèces très voisines qui se succèdent dans le temps, ont porté des graines assez différentes ?

Au reste, en rangeant, d'un côté, toutes les graines autres que celles des Cordaïtées, et, de l'autre, toutes les feuilles du bassin de la Loire auxquelles on les puisse rapprocher, la plus grande disproportion en faveur des graines éclate entre les deux séries.

Je n'ai pas besoin de dire que cette disproportion, révélée par la statistique, pécherait par la base si les empreintes végétales provenaient en partie notable de plantes étrangères au bassin de dépôt où leurs débris ne nous seraient parvenus qu'en partie. Mais si l'on explore, avec des yeux de botaniste, le terrain houiller

(1) *Comptes rendus*, 1904, p. 782.

productif, on y reconnaît beaucoup de sols fossiles de végétation et même des forêts fossiles [1] où sont enracinées toutes les plantes de la houille, et l'on se convainc aisément que les dépôts alors en voie de formation en ont emprisonné tous les débris.

Pleinement rassuré sous ce rapport, on peut donc affirmer que les Ptéridospermes, quelque étrange que cela puisse paraître, joignaient à un système végétatif simple et peu variable une diversité surprenante de graines d'organisation relativement très parfaite. Il en est de même des autres plantes houillères qui sont, et je l'ai soutenu ailleurs [2], plus différenciées par leurs organes de reproduction que par ceux de végétation. Les plantes de la houille — et je le montrerai aussi — étaient adaptées à la station lacustre et marécageuse, et c'est sans doute à cela que, sous la lourdeur d'un climat très humide, elles changeaient si peu leur système végétatif que, à Carvin (Nord), à la base du terrain houiller, on rencontre les mêmes stipes qu'à Avaize (Loire), au sommet de ce terrain, alors que, dans l'intervalle, les graines changent démesurément sans que ce soit visiblement pour aider à leur dissémination ou pour faciliter la lutte de la plante pour l'existence. Les inflorescences affectent aussi des dispositions très différentes, les graines étant terminales, en épis, en grappes lâches, etc., et les fleurs mâles prenant les formes de Crossotheca, de disques, de grappes. Et l'on peut dire que les Ptéridospermes forment une grande classe de plantes fossiles qui, avec les Cordaïtées, paraissent devoir contrebalancer, dans la flore primitive, les cryptogames vasculaires.

A suivre l'évolution des Ptéridospermes, on les voit abonder dans le Culm sous les deux formes disparates de Palæopteris et de Sphénopteris. Dans le Westphalien, à de nouveaux Sphénopteris à lobes arrondis ou cunéiformes, s'ajoutent une masse considérable de Nevropteris, d'Alethopteris, puis de Linopteris. Ces trois derniers groupes se prolongent sous d'autres formes dans le Stéphanois où abondent les Odontopteris, et apparaissent de nombreux Callipteridium, alliés suivant toute apparence aux Alethopteris. Le Permien est caractérisé par les Callipteris qui, étant variés, ne marquent certainement pas la fin de la classe;

---

(1) Les uns et les autres seront prochainement publiés.

(2) *Comptes rendus*, 1908, p. 12.

elle se continue, tout au moins dans le Trias, par quelques Nevropteris. Dans le Lias, les Ptéridospermes cèdent la place aux Cycadinées, dont les organes sont bien différenciés en tiges, feuilles, racines.

On n'a pas l'assurance que les véritables fougères apparaissent dans le Dévonien à côté des fougères à graines ; je ne les vois guère prendre de l'extension que dans le Westphalien ; mais dans le Stéphanien, les Pécoptéridées en plein développement ne le cèdent pas, tout au moins par la quantité, aux Ptéridospermes.

---

# LA PRATIQUE

DES

# REPEUPLEMENTS EN ÉCREVISSES

**Par R. DE DROUIN DE BOUVILLE**

INSPECTEUR ADJOINT DES EAUX ET FORÊTS
ATTACHÉ A LA STATION DE RECHERCHES DE L'ÉCOLE FORESTIÈRE DE NANCY

---

Il y a trois siècles et demi, Maistre Guilaume Rondelet, Docteur régent en Médecine en l'Université de Montpellier, écrivait dans son si intéressant traité d'ichthyologie : « Aux rivières qui coulent de mõtaignes, é aux ruisseaux qui ont les eaux fresches, naissent des Poissons couverts de coque, nõmés en François Escreuices... On en prend beaucoup en France, é de fort grãdes (1). »

Il y a quarante ans, ces Crustacés n'étaient plus, il s'en fallait, aussi abondants qu'au temps de la Renaissance. Carbonnier (2) nous apprend que, à partir de 1853, il fallut en importer de l'étranger pour satisfaire aux besoins toujours croissants de la consommation parisienne. Mais presque partout nos cours d'eau étaient encore suffisamment peuplés pour que les habitants des campagnes pussent, à l'occasion, faire figurer sur leur table un buisson bien fourni de belles Écrevisses. On en prenait en quantité sur les points où la surveillance de la pêche était un tant soit peu sérieuse, et quelques mesures répressives d'un braconnage éhonté auraient suffi pour qu'il en fût de même partout.

Aujourd'hui, l'espèce à pattes rouges des rivières de plaine :

---

(1) *De l'histoire entière des Poissons, composée premièrement en latin, maintenant traduite en françois sans avoir rien omis estant nécessaire à l'intelligence d'icelle, avec leurs pourtraits au naïf;* T. II, pages 155-156; Macé-Bonhomme, Lion, 1558.

(2) *L'Écrevisse; mœurs, reproduction, éducation;* pages 84-86; Dupont, Paris, 1869.

*Astacus fluviatilis* RONDELET, est devenue une véritable rareté ; quant à celle à pattes blanches : *Astacus torrentium* SCHRANK, beaucoup moins appréciée des consommateurs, on la rencontre encore dans maint ruisseau de montagne, mais notablement moins répandue qu'autrefois.

On sait que cette quasi-disparition de l'une, cette sensible diminution de l'autre sont dues à une maladie meurtrière, la peste, qui a exercé ses ravages en France de 1876 à 1885, provoquant un dépeuplement radical, presque subit, des biefs dans lesquels elle s'est manifestée, et dont bien peu ont été épargnés (1).

De nombreuses tentatives ont eu lieu, depuis lors, en vue de réintroduire l'Écrevisse dans les eaux où elle se plaisait avant l'épidémie, mais presque toujours sans succès. Si, en deux ou trois endroits, on a pu se vanter d'avoir réussi, d'une manière générale, la situation ne s'est guère modifiée depuis un quart de siècle.

Faut-il, devant ces échecs répétés, admettre que l'existence n'est plus possible, aujourd'hui, dans nos contrées, pour le Crustacé qui y abondait autrefois ? On serait tenté de le croire, et pourtant, en y réfléchissant, cette conclusion pessimiste ne paraît pas logique. Sans doute, les conditions de la vie dans les eaux douces ne sont plus tout à fait les mêmes qu'autrefois ; les progrès de l'agriculture, du commerce, ceux surtout de l'industrie y ont apporté des modifications dont la répercussion s'est fait sentir sur la flore et la faune aquatiques. Mais elles n'ont pas eu un tel caractère de généralité qu'elles aient provoqué la disparition d'une espèce animale sur l'étendue presque entière, non seulement d'un pays, mais de l'Europe et d'une partie de l'Asie. D'autre part, la présence d'un germe pathogène dans un milieu, si répandu y soit-il, n'est pas fatalement exclusive de celle de l'hôte qu'il est susceptible d'infecter; il y a des modalités dans la virulence du premier, dans l'état de réceptivité du second.

Mieux que le raisonnement, l'observation de certains faits

---

(1) Consulter, pour tous les détails concernant l'épidémie : *Les Repeuplements en Écrevisses*, pages 2-39, Berger-Levrault, Paris-Nancy, 1906.

Voir aussi : *Bulletin de la Société centrale d'Aquiculture et de Pêche* (Paris), numéros de juillet à décembre 1906.

démontre que rien ne s'oppose vraiment aujourd'hui à la propagation de l'Écrevisse dans les cours d'eau. Il en est où sa destruction, du fait de la maladie, avait paru bien complète, et qui se trouvent, maintenant, plus ou moins repeuplés.

La chose est surtout bien établie pour certaines régions de la Suisse, où une enquête sérieuse a été effectuée, il y a deux ans, par la Société de Pêche et Pisciculture, désireuse de se rendre compte de la situation et de déterminer si elle s'était améliorée.

Le rapporteur, M. Tuchschmid (1), après avoir rappelé que l'Écrevisse, abondante avant 1870 dans la plupart des rivières et lacs, avait presque partout disparu consécutivement à l'épidémie de peste, constate d'abord que, pendant de nombreuses années, elle a paru absolument réfractaire à la réacclimatation. Mais actuellement on signale sa présence sur plus d'un point. Grâce, très probablement, aux déversements effectués depuis 1897, l'espèce à pattes rouges a reparu dans maint ruisseau du canton de Vaud, ainsi que dans les lacs d'Amsoldingen, Faulen, Seelisberg et Sempach. Pour ce dernier la réussite a été particulièrement brillante, car on y capture annuellement plusieurs milliers de sujets.

Depuis la publication de ce compte rendu, de nouveaux progrès ont été encore enregistrés. En effet, du 15 août au 30 septembre 1908, il a été pêché dans la Bied-des-Ponts 25-30.000 Écrevisses, et, pour d'autres rivières du canton de Neuchâtel, on signale aussi un repeuplement très sensible (2).

Il eût été singulier que cette heureuse modification de l'état des choses fût le privilège de la Suisse ; de fait, elle paraît bien avoir été générale, mais, suivant les pays, a été, soit plus sensible, soit mieux constatée.

Pour la Bavière les renseignements sont assez précis, car une

---

(1) « Rapport provisoire de l'enquête sur l'Écrevisse », *Bulletin suisse de pêche et de pisciculture* (Neuchâtel), numéros d'octobre et novembre 1907, pages 170-172 et 177-178.
« *Vorläufiger Bericht über die Krebsenquête* », *Schweizerische Fischerei Zeitung*, (Pfaffikon), numéro du 30 septembre 1907, pages 229-232.
Voir aussi : *Bulletin populaire de la pisciculture et des améliorations de la pêche* (Toulouse), numéro de janvier-février-mars 1908, pages 25-26.

(2) « La pêche aux Écrevisses dans le canton de Neuchâtel », *Bulletin suisse de pêche et de pisciculture* (*Neuchâtel*), numéro de novembre 1908, pages 192-193.

enquête y a été entreprise par le Docteur Georges SURBECK. Le rapport définitif et détaillé n'a pas encore paru, mais les résultats d'ensemble ont été publiés (1) et ils dépassent notablement les prévisions les plus optimistes. Tant dans les bassins épargnés par la maladie que dans ceux où elle a exercé ses ravages, et qui se trouvent repeuplés, soit naturellement, soit artificiellement, les cantons où existent aujourd'hui des Crustacés sont plus nombreux, et en général plus riches qu'on ne le supposait. L'Écrevisse se rencontrerait actuellement dans 703 ruisseaux, biefs de cours d'eau et lacs, dont 201 renfermeraient exclusivement l'espèce à pattes rouges, 280 uniquement celle à pattes blanches, et 222 enfin, l'une et l'autre des deux (2).

En ce qui concerne les autres contrées de l'Allemagne, on n'est pas aussi exactement fixé, mais pourtant on signale, d'un peu partout, la fin de l'épidémie. L'organisme pathogène a-t-il perdu sa nocuité? Son hôte est-il devenu réfractaire à l'infection? On ne sait, mais ce qui est certain, c'est qu'en Brandebourg, en Saxe, en Silésie, en Thuringe, et ailleurs encore, les Crustacés se propagent à nouveau; on espère qu'une ère nouvelle commence où ils reprendront leur extension et leur abondance d'antan (3).

Chez nos voisins de Belgique, seuls quelques petits ruisseaux de forêt avaient été respectés par la peste. Les Écrevisses y étaient restées cantonnées jusque vers 1905, mais depuis elles ont commencé à reparaître nombreuses dans divers affluents de la

---

(1) « *Die Krebsbestände der bayerischen Gewässer* (*Vorläufige Mitteilung*) », *Allgemeine Fischerei Zeitung* (Munich), numéro du 1er janvier 1909, pages 5-8.

(2) Afin d'être à la fois impartial et complet, nous devons signaler que si, dans l'ensemble, la situation, telle que la présente le rapport préliminaire du Dr G. SURBECK, est satisfaisante en Bavière, il y a pourtant quelques ombres au tableau.

Ainsi, dans l'Altmühl, autrefois l'une des rivières les plus riches en Écrevisses de la Franconie moyenne, — on y pêchait des sujets de 250-375 grammes, — ont été effectuées des tentatives de repeuplement très importantes qui paraissent n'avoir eu aucun succès. Après s'être assuré, par des recherches minutieuses, que le *Bacterium pestis Astaci* ne se rencontrait plus dans ses eaux, on y a, durant six années consécutives, fait à grands frais des déversements annuels de 30.000 Crustacés importés de Finlande et de Suède; la pêche fut ensuite interdite jusqu'en 1907. Or, depuis qu'elle est autorisée, elle est restée tout à fait infructueuse. On est donc amené à conclure que tous les efforts faits, toutes les dépenses engagées, l'ont été en pure perte [*Fischerei Zeitung* (Neudamm), numéro du 14 août 1909, page 535].

De même, en Souabe, la Wörnitz, affluent de gauche du Danube, où le repeuplement paraissait acquis, a été dévastée à nouveau, dans le courant de 1908, par une épidémie de peste [*Allgemeine Fischerei Zeitung* (Munich), numéro du 14 novembre 1908, page 501].

(3) *Fischerei Zeitung* (Neudamm), numéro du 4 décembre 1909, page 789.

Meuse (1). En particulier les pêcheurs de la Semois en trouvent assez fréquemment dans leurs nasses ou verveux, et on en prend de belles dans la Sennette (2).

Arrivant enfin à la France, sur plusieurs points aussi une amélioration se manifeste. C'est ainsi que le Conseil général de l'Yonne a été saisi, dans sa dernière session, d'un vœu tendant à ce que la pêche de l'Écrevisse cessât d'être interdite. Le rapporteur, M. de Tanlay conclut au rejet, mais en faisant ressortir qu'on commençait à observer un repeuplement, pour lequel le Département avait, depuis plusieurs années, fait de grands sacrifices, et qu'au moment où un résultat allait être obtenu, il ne fallait pas le compromettre en accordant prématurément l'autorisation sollicitée (3).

En y regardant d'un peu près, on serait probablement amené à faire, en plus d'un endroit, des constatations encourageantes.

Nous le croyons d'autant mieux qu'il nous a été donné récemment d'apprécier le succès, assez imprévu, d'un déversement d'*Astacus torrentium*.

A l'automne 1904, nous trouvant en vacances aux environs de Pithiviers, nous reçumes de l'Aveyron une belle bourriche d'Écrevisses à pattes blanches. Il en était dans le nombre beaucoup de petites, si petites que non seulement leur capture exposait l'aimable envoyeur à l'application des peines prévues par l'article 30 de la loi du 15 avril 1829, mais qu'elles ne valaient même pas le coup de dent. Aussi toutes celles n'ayant pas les dimensions réglementaires échappèrent-elles au court-bouillon, et furent immergées dans l'Œuf, petite rivière à cours lent serpentant entre des prés tourbeux. L'*Astacus fluviatilis* y avait été jadis en relative abondance, mais vers 1889 la peste avait provoqué un dépeuplement complet (4).

A plusieurs reprises, depuis, des balances furent tendues afin de savoir si les animaux introduits s'étaient maintenus, mais ce

---

(1) *L'Écho de Liege*, cité dans *Œsterreichische Fischerei Zeitung* (Vienne), numéro du 15 mars 1909, page 87.

(2) *Pêche et Pisciculture* (Bruxelles), numéro du 15 juillet 1909, page 192.

(3) *Bulletin officiel du Syndicat central des fédérations et associations des pêcheurs à la ligne, riverains et pisciculteurs de France* (Paris), numéro de novembre 1909, page 136.

(4) Un sujet fut bien capturé en 1900, mais il était sans doute l'unique survivant d'une centaine de Crustacés déversés l'année précédente. Aucun n'a été repris par la suite

fut toujours en pure perte. L'insuccès paraissait donc évident quand, au mois de septembre dernier, un enfant, cherchant à capturer quelque fretin au moyen d'une épuisette, ramena une petite Écrevisse à pattes blanches. Deux autres furent encore prises dans des conditions identiques, au même lieu qui était celui du déversement. Les Crustacés du Rouergue s'étaient donc acclimatés en Beauce et y avaient fait souche.

Le repeuplement des cours d'eau en Écrevisses n'est donc nullement chose irréalisable à notre époque ; le scepticisme à cet égard n'est vraiment pas admissible. Toutefois, le succès est évidemment subordonné à certaines conditions qu'il importe de bien préciser pour opérer, sinon à coup sûr, du moins en mettant toutes les chances de son côté.

Leur détermination constitue un problème, et c'est un de ceux dont l'étude a été le plus spécialement poursuivie à la Station de recherches et expériences de l'École nationale des Eaux et Forêts, depuis que celle-ci comporte un laboratoire d'Aquiculture, soit depuis 1901.

En 1904, les résultats obtenus parurent suffisants pour permettre d'en tirer déjà des conclusions, qui, soumises au premier Congrès national d'aquiculture, furent adoptées par lui. Elles se formulaient en un certain nombre de règles donnant la marche à suivre pour l'exécution méthodique et rationnelle des repeuplements en Écrevisses.

Ces règles, et le compte rendu détaillé des travaux sur lesquels elles s'appuient, ont fait l'objet d'une publication antérieure (1); il n'y a donc pas utilité à les reproduire ici. Résumons seulement les recommandations essentielles, qui sont les suivantes :

« N'effectuer de tentatives que dans des eaux suffisamment calcaires, non polluées, et où les Poissons blancs ne sont pas atteints de lépidorthose.

« Y introduire de préférence *Astacus fluviatilis*, en en employant des sujets adultes, le nombre des femelles étant triple de celui des mâles.

« Les premières, ayant au moins 0m08 de longueur de l'œil à l'ex-

(1) *Les Repeuplements en Écrevisses* (Voir ci-dessus la note de la page 6).

trémité de la queue déployée, seront, autant que possible, immergées au printemps, alors qu'elles sont chargées d'œufs prêts à éclore ; pour les seconds, qui doivent être de taille plus forte, le déversement aura lieu de préférence à l'automne (1).

« Des soins particuliers seront apportés à la pêche, à l'expédition et au transport, de façon à ce que les sujets de repeuplement soient bien sains et vigoureux, au moment de leur mise à l'eau. Il est toujours avantageux, et le plus souvent indispensable, de les tenir préalablement en observation durant une quinzaine de jours, pour s'assurer qu'ils ne sont pas pestiférés.

« L'immersion s'effectuera le matin, en différents endroits bien choisis de la rivière ou du bassin à repeupler.

« Pour se rendre compte des résultats obtenus, il conviendra de faire, à l'automne, dans les années consécutives au déversement, des pêches de constatation. »

Telle est donc la méthode que des recherches nombreuses et prolongées ont amené à conseiller ; elle ne paraît malheureusement pas avoir été très suivie.

Ceci tient, d'après ce que nous avons été à même de connaître, à ce que certaines prescriptions seraient malaisées ou, pour mieux dire, impossibles à satisfaire. C'est l'éternelle histoire de la théorie et de la pratique, la première ne soulevant pas d'objections, la seconde se heurtant à maints obstacles.

Dans le cas particulier qui nous occupe, trois surtout s'opposeraient à l'application des règles rappelées plus haut : on ne pourrait — ni acquérir la certitude que le germe de la peste n'existe pas dans un bief, — ni se fournir de sujets sains et vigoureux pour les déversements, — ni spécialement se procurer des femelles grenées pour immersions au printemps.

Ces difficultés sont réelles, mais on s'exagère beaucoup leur importance, car il y a moyen, soit de les résoudre, soit tout au moins de les tourner. Elles ne sont pas de nature à décourager les initiatives, encore moins à justifier la persévérance dans la routine.

*
* *

(1) Si les sujets des deux sexes sont déversés à l'automne, il est toujours préférable de ne pas les introduire simultanément dans les biefs à repeupler, mais d'immerger les femelles huit jours au moins avant les mâles, pour leur donner le temps de creuser leurs retraites et de s'installer.

Il serait important, sans doute, d'être à même de déceler la présence, dans une eau, du microorganisme qui, depuis trente-cinq ans, a infecté et fait périr tant d'Écrevisses. Mais, dans un cas seulement, on se trouvera fixé sans peine ni complication, c'est si on constate que des Gardons, Chevaines, Vandoises... sont atteints de lépidorthose. Cette maladie, très facile à reconnaître, grâce au redressement caractéristique des écailles qu'elle provoque, est causée en effet, comme la peste, par un Bacille : *Bacterium pestis Astaci* Hofer. Mais il est rare qu'on puisse l'ob-

Fig. 1 — Ide mélanote atteint de lépidorthose.
(D'après Plehn.)

server dans la nature, car les Poissons qui en sont victimes deviennent faibles, paresseux, et n'échappent pas longtemps à la dent des voraces.

La plupart du temps, il est impossible d'être renseigné, à moins d'entreprendre des observations et expériences longues et difficiles, exigeant des connaissances techniques spéciales. Et encore, seraient-elles toujours probantes ? Un résultat négatif n'autoriserait pas à conclure à l'absence du germe infectieux, il peut échapper aux recherches les mieux conduites.

Dans ce doute, la sagesse conseille-t-elle l'abstention ? Nous ne le pensons pas, en raison des constatations encourageantes faites, depuis quelques années, dans plusieurs pays, où la réapparition de l'Écrevisse a été signalée sur d'assez nombreux points [1].

---

[1] En plusieurs endroits, il semble bien que cette réapparition se soit produite en dehors de toute intervention de l'Homme. Quelques Crustacés auraient-ils, lors de l'épidémie, résisté à l'infection et y seraient-ils devenus réfractaires ? Certains faits tendraient à le faire croire, comme, par exemple, la capture dans le Madon, en 1904, d'un sujet mesurant 16 centimètres de longueur de l'œil à l'extrémité de la queue. Il n'y aurait alors rien d'étonnant à ce que leur descendance bénéficiât de la même immunité ?

On peut en déduire, ce semble, que le *Bacterium pestis Astaci* est devenu inoffensif. Qu'il ait totalement disparu des biefs où il a été, à un moment donné, extrêmement répandu, serait chose extraordinaire. Le plus probable est qu'il s'y rencontre encore, mais relativement peu abondant, et dépourvu de la virulence exaltée qu'il possédait lors de l'épidémie. Ces variations dans l'action pathogène sont chose courante chez les Microbes. Celui qui nous intéresse serait donc entré dans une période de repos qui a certaines chances d'être longue. Jamais, en effet, avant 1870, on n'avait entendu parler de mortalités ayant anéanti les Écrevisses sur d'immenses étendues territoriales; le fait n'aurait pas manqué de frapper et d'être relaté. Le Bacille de la peste, n'ayant pas dû être créé à une date récente pour les besoins de la cause, aurait donc vécu pendant des siècles en saprophyte inoffensif, on paraît autorisé à en inférer que ses manifestations d'activité parasitaire sont rares. La prochaine pourrait donc n'être pas à redouter à bref délai, à condition, bien entendu, de ne pas la provoquer par des imprudences.

Bref, dans l'état actuel des choses, pour s'assurer de la possibilité d'un repeuplement, le mieux est vraiment d'en tenter un. Naturellement, les essais ne sont à conseiller que dans des eaux paraissant convenables, c'est-à-dire dans celles où l'Écrevisse existait autrefois et où le milieu n'a pas subi de modifications importantes. Dans les biefs souillés par des déversements usiniers ou autres, il n'y a rien à faire, surtout quand les résidus évacués sont riches en matières organiques putrescibles; les conditions biologiques sont alors à la fois défavorables aux Crustacés qu'on voudrait acclimater et propices à la pullulation des Bactéries pathogènes. Les efforts porteront donc presque exclusivement sur les ruisseaux et petites rivières, en commençant par les têtes de bassin. De là, en cas de réussite des opérations, la propagation de l'Écrevisse s'effectuera d'elle-même, d'amont en aval, jusqu'à la limite où la pollution atteindra un degré incompatible avec l'existence de l'espèce.

*
* *

La seconde difficulté arrêtant les personnes désireuses d'entreprendre des repeuplements est plus sérieuse que la première;

il n'est généralement pas aisé, en effet, de se procurer les Animaux sains et vigoureux qui seraient nécessaires.

Le mieux, pour avoir de bons sujets, serait de les capturer dans la région même où on veut opérer. Mais, bien rares sont aujourd'hui les cours d'eau français où se rencontre encore l'Écrevisse à pattes rouges ; de plus, la pêche y est généralement interdite de façon absolue, et ce, depuis l'épidémie.

D'ailleurs, quand on s'avise enfin, comme on s'est décidé à le faire dans plusieurs départements, de tirer parti de ces réserves en allant y chercher les Crustacés destinés aux déversements, on éprouve quelquefois des déconvenues.

Dans le département de Meurthe-et-Moselle, par exemple, trois ruisseaux avaient été épargnés quand la peste exerça ses ravages. Il parut intéressant de voir, en 1906, quelle y était la situation. L'Administration préfectorale ayant bien voulu accorder les autorisations nécessaires, des pêches d'exploration furent effectuées durant plusieurs mois. Or, pour deux des cours d'eau, les résultats ont été absolument négatifs ; s'ils sont donc encore peuplés, ils ne le sont guère. Quant au troisième, l'Écrevisse y est relativement abondante, mais les mâles y sont en forte majorité, et même, d'après des observations récentes, leur prépondérance s'affirmerait de plus en plus.

Il y a là une situation anormale, qui tient sans doute aux mœurs et aux conditions de développement de l'espèce. Les femelles sont absorbées toute une moitié de l'année par les soins de la maternité. En cas de surpopulation, conséquence possible d'une interdiction prolongée de la pêche [1], et, par suite, de défaut de proportionnalité des ressources aux appétits, le sexe faible est exposé à pâtir, à diminuer d'importance par rapport à l'autre, dont les représentants, plus avantagés dans la lutte pour la vie, croissent plus vite, sont plus robustes. Une fois établie, la rupture d'équilibre ira rapidement s'aggravant, non plus seulement en raison de la concurrence vitale, mais à cause des combats que se livreront les mâles autour des femelles insuffisamment nombreuses. Chacune des pauvrettes voit ses faveurs chau-

---

(1) Cette surpopulation a pu se produire dans le ruisseau de Lorraine dont il est question ici, en raison d'une circonstance particulière. Il est tributaire d'une rivière dont les eaux sont assez riches en sel, et c'est pour cela, sans doute, que la peste ne s'y est pas propagée. Mais la même raison paraît s'opposer à l'émigration des Crustacés vers d'autres parties du bassin.

dement disputées, mais si elle est le prix d'une lutte, elle en est fréquemment aussi la victime.

Des cours d'eau, trop longuement mis en défens, arriveraient donc ainsi à se dépeupler ; l'Homme ayant un tribut à prélever sur ceux en état de productivité normale, son abstention pourrait avoir des conséquences fâcheuses.

Il ne faut toutefois pas conclure que l'interdiction de la pêche de l'Écrevisse n'a jamais d'utilité, elle est fréquemment indispensable, notamment quand il s'agit de protéger des repeuplements de date récente. Mais il ne semble pas y avoir avantage à ce qu'elle dure indéfiniment. Dans la Bied-des-Ponts, ce ruisseau du canton de Neuchâtel, dont il a été question plus haut, cinq années de prohibition, de 1901 à 1906, ont suffi pour que l'Écrevisse s'y propage de façon à permettre des pêches très fructueuses.

Soumettre à une réglementation restrictive des droits des riverains les quelques réserves où l'espèce à pattes rouges s'est maintenue en France, n'est admissible qu'à condition d'en tirer parti dans l'intérêt général. Il conviendrait donc de ne pas se borner à y exercer une surveillance sévère, mais de les exploiter, avec modération sans doute, mais enfin sans timidité, et d'y capturer les sujets nécessaires aux repeuplements. A tous les points de vue on y trouvera profit.

Cependant, même en agissant ainsi, il sera toujours difficile, et souvent impossible, d'obtenir en suffisance des Crustacés indigènes, pour peu qu'on donne aux opérations une certaine ampleur, chose éminemment désirable. Force sera donc de faire venir des Écrevisses de l'étranger, solution médiocre, certes, mais à laquelle on devra bien se résigner faute de mieux. Leur importation n'offre d'ailleurs pas d'inconvénients, à condition de les tenir en stabulation quinze jours au moins avant leur immersion. Grâce à cette précaution on évite le danger très sérieux de créer, sous prétexte de repeuplement, un foyer d'infection.

Cette mise en observation s'est toujours imposée, depuis que les travaux du Professeur Hofer ont fait connaître les modes de propagation de la peste, dont l'un des plus courants est le transport des Crustacés en ayant contracté le germe ; elle s'impose encore aujourd'hui. La maladie n'a pas cessé, en effet, et depuis deux ans elle éprouve des contrées restées jusqu'ici indemnes et

qui fournissaient, par suite, la majeure partie, sinon la presque totalité, des Écrevisses consommées actuellement en Europe. Il semble d'abord qu'on lui doive, en Angleterre, le dépeuplement à peu près complet du bassin supérieur de la Tamise survenu en 1906 (1). Puis, au cours de l'été 1907, elle s'est manifestéedans le bassin de la rivière Kumo, au sud de la Finlande, y anéantissant la très riche population de plusieurs lacs; elle a depuis gagné vers le nord (2). Durant l'automne et l'hiver de cette même année, elle exerça ses ravages en Mecklembourg-Strélitz (3), dans le Rödliner See, le Wamkaer See, et leur émissaire le Nonnenbach. Enfin, en 1908, d'importantes mortalités dans les lacs Hjelmaren et Mälaren, en Suède, amènent le gouvernement à interdire toute expédition hors de la région contaminée (4).

On ne saurait donc être trop prudent quand il s'agit d'utiliser, pour les repeuplements, des animaux de provenance étrangère; sous aucun prétexte ils ne devraient être déversés dans les cours d'eau sans mise en observation préalable. Malheureusement, en cette matière, toutes les recommandations faites, comme aussi les vœux émis par les Congrès d'Aquiculture, tant nationaux qu'internationaux (5), sont restés à peu près lettre morte. Et pourtant y a-t-il réelle difficulté à en tenir compte? Conserver des Écrevisses durant deux semaines n'est vraiment pas une affaire. Assez souvent on dispose de viviers, rigoles, boutiques à Poissons qu'on peut utiliser à cet effet; dût-on faire une installation spéciale, la confection de caisses à claires-voies de 2 mètres de longueur sur 1 mètre de largeur, du type de celles employées en Bavière, ne saurait entraîner grands frais. Quant aux précautions à prendre et aux soins à donner, ils sont de minime impor-

---

(1) *Œsterreichische Fischerei Zeitung* (Vienne), numéro du 1er septembre 1906, page 421.

(2) *Œsterreichische Fischerei Zeitung* (Vienne), numéro du 1er octobre 1907, page 15. — *Fischerei Zeitung* (Neudamm), numéro du 5 octobre 1907, page 637. — *Allgemeine Fischerei Zeitung* (Munich), numéro du 1er juin 1908, page 242.

(3) *Fischerei Zeitung* (Neudamm), numéro du 30 mai 1908, page 355. — *Allgemeine Fischerei Zeitung* (Munich), numéro du 1er juin 1908, page 242. — *Œsterreichische Fischerei Zeitung* (Vienne), numéro du 15 juin 1908, page 302.

(4) *Allgemeine Fischerei Zeitung* (Munich), numéros du 15 octobre 1908, page 443, et du 15 novembre 1908, page 501. — *Fischerei Zeitung* (Neudamm), numéro du 14 novembre 1908, page 739.

(5) *Mémoires et Comptes rendus du Congrès international d'Aquiculture et de Pêche tenu à Paris en 1900*, pages 61 et 573. Paris, Chalamel, 1901.

*Bulletin de la Société centrale d'Aquiculture et de Pêche* (Paris), numéro d'octobre 1904, pages 200 et 201 et numéro de décembre 1905, page 319.

tance, c'est à peine, en particulier, s'il y a lieu de se préoccuper de la nourriture.

A condition de prendre quelques mesures simples autant qu'indispensables, l'emploi pour les repeuplements de Crustacés d'origine étrangère est donc admissible, et ces Crustacés, le commerce est encore en mesure de les fournir en toute quantité désirable.

*
* *

Mais s'il n'y a pas de difficulté vraiment sérieuse à se procurer des Écrevisses à pattes rouges adultes, qu'on fera donc venir de Danemark, Suède ou Russie, à défaut d'en pouvoir capturer suffisamment dans les eaux françaises, pourra-t-on avoir, en avril-mai, des femelles chargées d'œufs ? Ce serait extrêmement désirable, au point de vue de la bonne réussite des opérations ; mais il faut bien reconnaître qu'ici on se heurte à un véritable obstacle.

Inutile de demander cet article aux marchands de comestibles, ils ne s'occupent que de l'achat et de la vente des sujets de consommation ; or, les gourmets ne recherchent pas, tant s'en faut, les Écrevisses grenées.

Obtenir ces dernières par pêches spécialement faites dans ce but, il n'y faut guère songer. Durant la longue période de l'incubation, elles circulent peu et ne se laissent pas tenter par les appâts. Balances, vervotins, pièges de tous genres, qu'on emploie avec tant de succès à l'automne, ne servent de rien au printemps. A cette saison, la seule façon de procéder, c'est la capture à la main, procédé offrant de multiples inconvénients. Le plus grave est le risque de mutiler les animaux ou d'abîmer leurs œufs, car ils ne se laissent pas arracher sans résistance des retraites où ils sont tapis.

Si on ne veut pas renoncer à une méthode de repeuplement présentant d'incontestables avantages, une ressource unique reste : se procurer des femelles à l'automne, les faire féconder, et les conserver ensuite en captivité jusqu'au moment où leurs œufs seront près d'éclore.

Cet élevage temporaire, d'un intérêt évident, n'est pas aussi simple à pratiquer qu'il peut en avoir l'air. Il a fait l'objet d'essais nombreux à la Station de recherches et expériences de l'École

nationale des Eaux et Forêts; commencés en 1901, ils n'ont permis d'aboutir à un résultat un peu encourageant qu'en 1909.

Les premières tentatives eurent lieu en laboratoire, en isolant les Écrevisses et en leur donnant des soins constants. Il semblait qu'on se placât ainsi dans les conditions les plus favorables, puisqu'on mettait les Crustacés à l'abri de toutes causes de trouble, les empêchant notamment de se livrer entre eux les combats dont ils sont coutumiers.

Dans la plupart des cas, on utilisa comme matériel des bacs en zinc divisés par des cloisons pleines en une dizaine de compartiments semblables de $0^m 25 \times 0^m 20 \times 0^m 20$. Aucune communication n'existait entre eux, pour éviter, le cas échéant, la propagation des maladies.

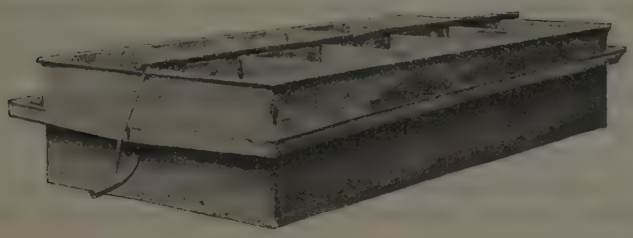


Fig. 2 — Bac pour élevage d'Écrevisses en laboratoire.

Chacun de ces compartiments, ayant donc son arrivée d'eau et son orifice de trop-plein particuliers, recevait, vers le milieu d'octobre, une femelle adulte d'*Astacus fluviatilis,* à laquelle un mâle était donné comme compagnon jusqu'au moment où on constatait une fécondation suffisante. Elle restait ensuite seule.

Les Écrevisses ainsi captives reçevaient quelque peu de nourriture; un nettoyage quotidien, effectué au moyen d'un siphon, enlevait déchets, excréments et sédiments, de façon à éviter toute pollution. Les bacs étaient alimentés au moyen d'eau de Moselle filtrée, à température variant, de l'automne au printemps, entre 2° et 18° C; elle arrivait sous pression et était distribuée sous forme de petits jets, ce qui assurait dans les cases un brassage constant et une aération parfaite. Enfin les appareils, installés dans un

sous-sol peu éclairé, comportaient des couvercles; les animaux en élevage s'y trouvaient donc bien à l'abri de la lumière, qu'ils redoutent.

Malgré toutes ces précautions, et en dépit du nombre relativement élevé des sujets, de provenance diverse, sur lesquels ont porté les recherches, il n'a pas été donné d'enregistrer un seul cas de réussite. Jamais une femelle n'a été conservée depuis le moment de l'accouplement jusqu'à celui de l'éclosion des œufs ; la plupart n'ont guère survécu à la ponte, et pour celles ayant résisté à cette crise, la perte progressive et généralement rapide de tous les œufs a été la règle invariable.

On s'est ingénié à diversifier les conditions de l'élevage. Afin de se mieux rapprocher de celles de la nature, un appareil spécial fut imaginé, dont les compartiments, de $0^m 50 \times 0^m 20 \times 0^m 25$, étaient remplis sur moitié de leur contenance par une motte de terre argileuse ou de tourbe ; les Écrevisses pouvaient ainsi se creuser une retraite. Le résultat fut tout aussi négatif que précédemment, et il en alla de même pour les essais effectués dans des bacs en verre où étaient cultivées des plantes flottantes ou submergées, et, d'une façon générale, pour toutes les tentatives ayant eu lieu en laboratoire.

Ces échecs réitérés ne prouvent évidemment pas l'impossibilité radicale, absolue, d'obtenir la reproduction en captivité de l'Écrevisse à pattes rouges; un amateur distingué, M. Delaval (1) l'a observée, d'ailleurs, dans un aquarium d'appartement. Mais le succès obtenu, une fois seulement, dans ces conditions un peu spéciales, paraît bien être une de ces exceptions qui confirment les règles. Aussi semble-t-on bien en droit de tirer des recherches poursuivies à l'École nationale forestière cette conclusion, que l'astaciculture ne saurait être pratiquée en laboratoire, même durant la période de cinq à six mois séparant le rapprochement sexuel de l'éclosion des œufs.

Force était donc d'essayer l'élevage en plein air.

On voulut l'entreprendre, d'abord, dans les bassins de la pisciculture domaniale de Bellefontaine, près Nancy, accessoirement à

(1) « Reproduction de l'Écrevisse à pattes rouges observée dans un aquarium d'appartement », *Bulletin de la Société nationale d'acclimatation*, 1899 (Paris), numéro de mars 1899, pages 99-102.

celui des Salmonides, mais l'un contrariait l'autre; de plus, faute d'aménagements spéciaux, les Crustacés, dont l'humeur est très vagabonde, s'évadaient couramment.

Il fallut se décider à avoir une installation qui leur fût uniquement consacrée; les travaux en ont été exécutés en 1907. Elle consiste en une rigole bétonnée de 20 mètres de longueur totale sur $1^m 75$ de largeur, divisée en quatre compartiments différant seulement par la profondeur d'eau, qui y est respectivement de $0^m 50$, $0^m 75$, 1 mètre, $1^m 25$. Grâce à son orientation, se rapprochant, autant que l'a permis la configuration du terrain, de la direction Est-Ouest, grâce aussi à un recouvrement de planches en saillie sur le couronnement sud, elle est, en toute saison, partiellement à l'abri des rayons solaires. En outre, des bacs étaient disposés le long de la paroi nord pour la culture de Plantes dont certaines, et surtout le Cresson de fontaine, venaient au printemps s'étaler à la surface liquide, et contribuaient ainsi pour bonne part à intercepter la lumière.

Les recherches ne purent commencer qu'à l'automne 1908, où, le 15 septembre, 54 sujets adultes, un tiers mâles, deux tiers femelles, provenant d'un ruisseau de Lorraine dont la peste a toujours respecté le peuplement, furent parqués dans le bassin. Les longueurs des individus des deux sexes étaient respectivement les suivantes, mesures prises de la pointe du rostre à l'extrémité de la queue déployée.

| Taille | Mâles | Femelles |
|---|---|---|
| $0^m 07$ | » | 3 |
| 0 08 | 1 | 18 |
| 0 09 | 9 | 14 |
| 0 10 | 4 | 1 |
| 0 11 | 4 | » |
| Totaux. . . . . | 18 | 36 |
| Tailles moyennes . . | $0^m 098$ | $0^m 086$ |

Le 21 décembre, l'époque des accouplements paraissant terminée, une pêche fut faite, elle permit de constater que 34 femelles (94,4 %) avaient été fécondées dans de bonnes conditions. Deux ne l'étaient pas qui furent enlevées, ainsi que les mâles. Par suite très probablement de la différence de taille entre sujets

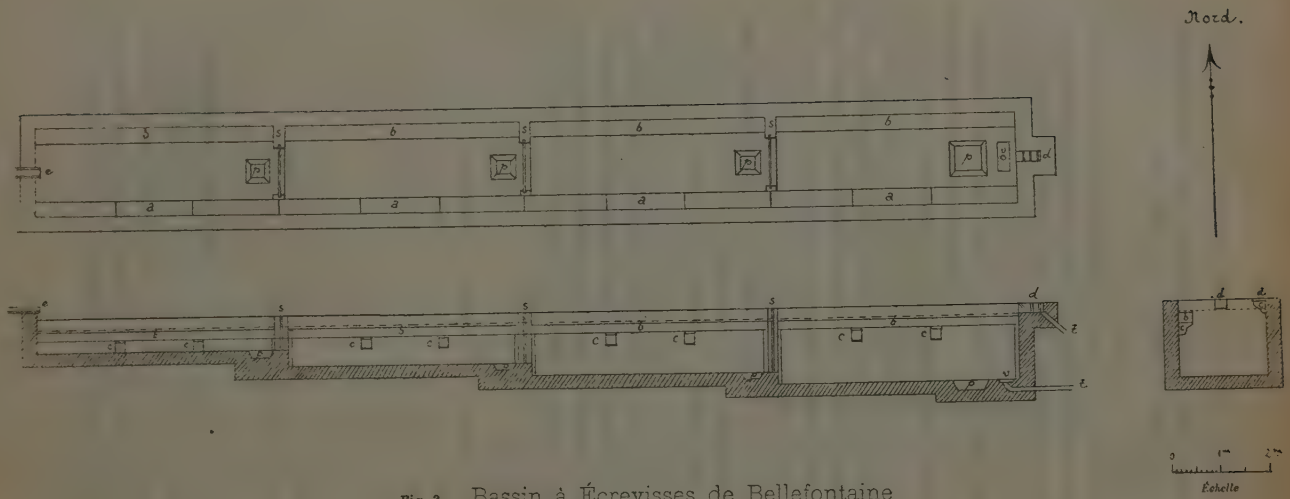



Fig. 3. — Bassin à Écrevisses de Bellefontaine

*a* **Abris en planches.**
*b* Bacs pour culture de plantes aquatiques.
*c* Consoles supportant bacs ou planches.
*d* Déversoir.
*e* Arrivée d'eau.
*p* **Pêcheries.**
*s* Séparations (saillies avec rainures recevant cadre mobile grillagé).
*t* Tuyaux d'évacuation.
*v* **Bonde de vidange.**

de sexe différent, on constata deux cas seulement de mutilations, et encore n'est-il pas certain que les Crustacés trouvés dépourvus d'une de leurs pinces l'eussent perdue au moment du rapprochement sexuel. L'accident pouvait être antérieur et remonter en particulier au moment de l'apport à Bellefontaine, les Écrevisses n'ayant pas été examinées attentivement lors de leur mise à l'eau.

Cinq mois après, le 21 mai 1909, le moment sembla venu de se rendre compte de la façon dont elles avaient supporté l'hivernage. Le bassin ayant été vidé à nouveau, il en fut retrouvé 32, dont 1 n'avait pas d'œufs, 7 en possédaient peu, 25 enfin portaient des grappes assez bien fournies.

L'essai avait donc réussi, démontrant la possibilité pratique de faire reproduire *Astacus fluviatilis* en captivité dans des conditions permettant d'obtenir facilement, au printemps, des Écrevisses grenées. Le rendement a été vraiment satisfaisant, puisque 88,8 °/₀ des animaux en expérience constituaient de bons sujets de repeuplement ; il aurait sans doute été meilleur encore s'ils avaient été tous vraiment adultes. Mais une seule femelle avait atteint la taille de $0^{m}10$ qui, d'après les recherches effectuées par MM. Arnold et von zur Muhlen (1), sur l'initiative de la Société impériale russe de Pêche et Pisciculture, est celle à partir de laquelle la pleine maturité sexuelle peut seulement être considérée comme acquise. C'est parmi les plus petits sujets qu'ont été observés, à Bellefontaine, les cas de défaut de fécondation ou de ponte. Le véritable déchet a été extrêmement faible (2,8 °/₀), car, pour une période de huit mois allant de la mi-septembre à la mi-mai, une seule perte a été relevée, et encore n'est-il pas certain qu'elle soit due à une mortalité ; elle peut avoir été la conséquence d'une évasion.

---

(1) *Allgemeine Fischerei-Zeitung* (Munich), numéros du 15 juin 1901, page 269 et du 15 juillet 1901, pages 303-307.

(2) Les pêches faites du 2 au 4 mai 1901, à Swenziani, dans le gouvernement de Wilna, ont, en effet, permis de constater que les proportions de sujets ayant des œufs étaient les suivantes :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,8 °/₀ | pour les femelles de | 75- 79 | millimètres | de | longueur. |
| 11 | — | — | 80- 84 | — | — |
| 22 | — | — | 85- 89 | — | — |
| 34,7 | — | — | 90- 94 | — | — |
| 59 | — | — | 95- 99 | — | — |
| 80,2 | — | — | 100-104 | — | — |
| 95,7 | — | — | 105-109 | — | — |
| 100 | — | — | 110-114 | — | — |

Tout fait supposer qu'on aurait pu opérer beaucoup plus en grand. Dans les viviers des entrepositaires et marchands, les Écrevisses sont tenues fort à l'étroit. Les femelles, surtout durant la période où elles sont alourdies par le poids de leur progéniture, circulant peu, s'alimentant peu, doivent pouvoir être conservées en assez grand nombre dans un cube d'eau restreint.

Quoi qu'il en soit à cet égard, dès maintenant, l'élevage temporaire de l'Écrevisse apparaît comme facilement réalisable, et tout à fait à recommander pour la pratique des repeuplements. A l'adopter on ne trouve pas seulement l'avantage d'être à même de déverser au printemps des femelles grenées, mais aussi celui de les tenir en observation durant plusieurs mois. Leur état de santé et de vigueur est ainsi soumis à l'indispensable épreuve sur la nécessité de laquelle nous avons insisté plus haut. Dans ces conditions, il n'y a absolument aucun inconvénient à faire venir de l'étranger, à acheter même aux marchands de comestibles les Crustacés dont on aura besoin. En les supposant infectés par le *Bacterium pestis Astaci* ou tout autre germe pathogène, le pis est que tous périssent. L'accident sera fort regrettable, mais, se produisant dans un vivier d'élevage, ne dégénérera pas en désastre comme si les animaux avaient été déversés directement dans un bief.

*
* *

Examen fait des difficultés prétendues qui s'opposeraient à la réintroduction de l'Écrevisse dans nos eaux, ou au moins à l'application de certaines méthodes recommandables de repeuplement, on voit qu'aucune n'est vraiment sérieuse. Le succès étant possible, puisqu'il en est des exemples, il n'y a donc qu'à se mettre à l'œuvre, ou plutôt à reprendre, sur de nouvelles bases, une tâche à laquelle ont été déjà consacrés bien des efforts.

Ces derniers, nous l'avons vu, devront presque exclusivement porter sur les ruisseaux et petites rivières. Les intérêts locaux se trouvant ainsi surtout en jeu, ce n'est pas aux représentants de l'État, mais à ceux des Départements qu'il appartient spécialement d'agir. Ils se sont assez généralement préoccupés des mesures à prendre dans les années ayant suivi l'épidémie de peste ; aujourd'hui ils s'abstiennent presque partout, découragés par des

insuccès répétés. Mais ceux-ci sont la conséquence fatale de déversements faits au petit bonheur, en immergeant des Crustacés de provenance quelconque aussitôt après leur réception, sans aucune précaution préalable. Que les Conseils généraux consentent à voter de nouveau quelques crédits pour le repeuplement en Écrevisses des cours d'eau non navigables ni flottables, ce ne seront pas dépenses engagées en pure perte si on se décide à s'inspirer des données de l'expérience. Les premières sommes disponibles seraient alors affectées à la création de petits établissements d'astaciculture, comportant quelques bassins du genre de ceux existant à Bellefontaine, et les suivantes aux déversements proprement dits, qu'on serait à même d'effectuer au moyen de femelles grenées, parfaitement saines et vigoureuses.

Que cette méthode, simple et économique, obtienne ainsi une consécration officielle, qu'elle vienne encore à être adoptée par les Associations piscicoles et les propriétaires de domaines importants, et nous sommes convaincu qu'une amélioration sensible s'en suivra. On peut espérer que le « petit Poisson couvert de coque » du bon Rondelet reprendrait dans notre faune aquatique la place qu'il occupait, sinon au seizième siècle, ce qui serait trop beau, du moins il y a une cinquantaine d'années. Escompter ce résultat ne paraît pas trop ambitieux, et l'atteindre vaudrait certainement qu'on se déclarât satisfait.

---

# NOTE ADDITIONNELLE

## L'emploi de jeunes sujets pour les repeuplements

Toujours, jusqu'ici, pour réintroduire l'Écrevisse dans les cours d'eau où elle paraît devoir prospérer, on a procédé par immersion d'adultes ayant atteint, ou presque, l'âge de la pleine maturité sexuelle. On peut cependant envisager la possibilité d'une autre méthode, de pratique courante pour les repeuplements en Salmonides, consistant à déverser de jeunes sujets.

Deux conditions doivent être satisfaites pour qu'on soit à même d'entreprendre semblables opérations ; il faut pouvoir en effet — et se procurer « l'alevin » — et lui faire subir un transport.

Obtenir de toutes petites Écrevisses ne peut se faire que par élevage, il ne saurait être question de les capturer en eaux libres.

L'installation de Bellefontaine, décrite dans le mémoire précédent, semblait se prêter assez bien à des recherches concernant ce problème initial de l'astaciculture. Aussi les 32 femelles chargées d'œufs qui y avaient été retrouvées le 21 mai 1909 ne furent-elles pas enlevées. Tout ayant été remis en état dans la rigole après la pêche de constatation faite, il n'y fut plus touché jusqu'à la fin de l'automne, à ceci près qu'on essaya, sans succès, de reprendre les reproducteurs, au moyen de pièges, après l'époque présumée des éclosions, soit en juillet-août.

Le 10 novembre, le bassin fut vidé, qui contenait 31 Écrevisses adultes, bien portantes; la perte durant le semestre d'été n'avait donc été que de 1 sujet, mort ou disparu. On en recueillit en outre, non sans difficultés, 296 nées probablement en juin, savoir :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 107 | dans le | premier | compartiment, | d'une profondeur | de $0^m50$ |
| 79 | — | second | — | — | de $0^m75$ |
| 49 | — | troisième | — | — | de $1^m$ |
| 61 | — | quatrième | — | — | de $1^m25$ |

Les jeunes animaux auraient donc manifesté une préférence assez marquée pour la case de tête. Ceci ne paraît pas tenir à sa moindre profondeur, mais à ce qu'il s'y déverse la conduite d'alimentation ; de plus, sa surface presque entière était recouverte d'une végétation aquatique luxuriante.

Une mensuration très soigneuse de 25 des « alevins » a donné les résultats suivants :

| Longueur en millimètres | Nombre de sujets mesurés | Proportion pour cent sujets |
|---|---|---|
| 17 | 4 | 16 |
| 18 | 12 | 48 |
| 19 | 6 | 24 |
| 20 | 2 | 8 |
| 21 | 1 | 4 |
| Totaux. . . . . | 25 | 100 |

La longueur moyenne ressort ainsi à 18mm 36.

Le rendement paraîtra médiocre, car il n'a été obtenu que 8-9 sujets de cinq mois par femelle fécondée en 1908. Mais il est juste de dire que les conditions d'élevage ont grandement laissé à désirer. Le vivier à Écrevisses n'a jamais reçu qu'une assez faible quantité d'une eau usée, ayant déjà passé par des bassins à Salmonides. D'autre part, les reproducteurs étaient de taille plutôt moyenne et leur progéniture a dû pâtir de la voracité de Grenouilles dont plusieurs furent prises dans la rigole, et surtout de celle de Saumons tête d'acier, de 20-25 centimètres de longueur, qu'on s'était vu dans la nécessité d'y entreposer. Il est probable enfin que plus d'une petite Écrevisse a échappé aux recherches, lors de la pêche, en se dissimulant dans la vase épaisse de plusieurs centimètres ou dans les touffes de plantes cultivées en bac.

Fig. 4. — *Astacus fluviatilis*.
Jeune sujet nouvellement éclos.
Grossissement : 6. (D'après HUXLEY.)

Il y a donc bien des raisons de croire que l'élevage pourrait donner des résultats plus satisfaisants que ceux auxquels ont abouti les premiers essais.

Mais, admettant qu'on parvienne à produire de façon pratique et en suffisante abondance, des « alevins » d'Écrevisse, serait-il possible d'en tirer parti pour les repeuplements?

Ils sont si menus, si frêles, que leur récolte seule est déjà chose fort délicate. Cependant, en opérant avec précautions, le déchet peut être minime. A Bellefontaine, le 10 novembre 1909, 4 sujets seulement sur 296 ont péri du fait des manipulations subies. Mais ces jeunes Crustacés supporteraient-ils un transport?

Nous pouvons trouver, à cet égard, des renseignements intéressants dans les constatations que nous avons pu faire le 4 décembre 1909, à l'arrivée d'un colis d'Écrevisses à pattes rouges expédiées la veille du Morvan. L'envoi en comprenait 116 dont 25 de 20 à 30 millimètres de longueur, 41 de $0^m035$ à $0^m06$, et 50 de $0^m07$ à $0^m10$. Or, dans la première catégorie, correspondant à celle des sujets d'un été, un seul est arrivé vivant, dans la seconde, 14 (soit 34%), avaient succombé en cours de route; dans celle des adultes, enfin, aucun n'avait péri, aucun ne paraissait même avoir pâti du voyage.

Conclure de ce qui précède à l'impossibilité de transporter les petites Écrevisses serait peut-être aller trop loin, mais il est certain qu'il y a là une sérieuse difficulté. On arrivera peut-être à la résoudre en employant certains dispositifs, certains modes d'emballage, différents de ceux usités pour l'expédition des Crustacés ayant atteint la taille marchande. C'est dans ce sens que doivent être orientées les recherches concernant les déversements de jeunes sujets, car, tant qu'elles n'auront pas abouti, leur élevage ne saurait avoir d'intérêt, au moins en ce qui concerne le repeuplement des cours d'eau en Écrevisses.

---

# OUVRAGES

## REÇUS PAR LA SOCIÉTÉ PENDANT L'ANNÉE 1909

*N. B.* — Il n'est pas envoyé d'accusés de réception; la liste des ouvrages reçus, rédigée avec soin, en tient lieu

---

### *I — Publications périodiques*

ACIREALE. — Atti e rendiconti dell'Academia di Scienze lettere ed arti degli Zelanti. Vol. V.

ALBUQUERQUE. — University of New Mexico (U. S.). Whole nos 47-52.

AMIENS. — Bulletin de la Société linnéenne du nord de la France. T. XVIII, 1905-1908.

— Bulletin de la Société industrielle. T. XLVI, fasc. 3, 4; t. XLVII, fasc. 1, 2.

AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie der Wetenschappen :
Verslagen. D. XVII, 1, 2.
Proceedings. Vol. IX, 1, 2.
Verhandelingen. 1re section. D. X, 1.
— 2e section. D. XIV, 2, 3, 4; D. XV, 1.

ANGERS. — Bulletin de la Société d'études scientifiques. XXXVIIe année, 1907.

— Bulletin de la Société industrielle et agricole. 1909. Nos 1-12.

ANN ARBOR. — Annual report of the University of Michigan. 1908.

ARCACHON. — Société scientifique. Année 1909, fasc. 1.

AUTUN. — Bulletin de la Société des sciences naturelles. 1908, 21e Bulletin.

BALE. — Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft. B. XX, 1.

BATAVIA. — Koninklijke natuurkundige Vereeniging in Nederl.-Indie. D. LXVIII.

BELFORT. — Société belfortaine d'émulation. 1909.

BELLINZONA (Suisse). — Bolletino della Societa Ticinese di scienze naturali. Anno I, 1904; anno V, 1909.

BERGEN. — Bergens Museums Aarbog. 1908, 3; 1909, 1, 2.
Bergens Museums Skrifter. B. I, 1.
Aarsberetning. 1908.
An Account. T. V, 25, 26.

BERLIN. — Sitzungsberichte der königlich-preussischen Akademie der Wissenschaften. 1908, 40-53; 1909, 1-39.

BERNE. — Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft. 1665-1700.

— Actes de la Société helvétique des sciences naturelles. 91e session, 1908, 1, 2.

BESANÇON. — Mémoires de la Société d'émulation du Doubs. 8e série, 2e vol., 1907.

BESSE. — Annales de la station limnologique. 1909, fasc. 2.

BÉZIERS. — Bulletin de la Société d'études des sciences naturelles. 1908.

BONN. — Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westfalens. 1908, 2 ; 1909, 1.

— Sitzungsberichte der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. 1908, 2 ; 1909, 1.

BORDEAUX. — Actes de la Société linnéenne. 7e série, t. II.

BOSTON. — Proceedings of the American Academy of arts and sciences. Vol. XLIV, nos 1-25 ; vol. XLV, no 1.

BOURG. — Annales de la Société d'émulation et d'agriculture. 1908, fasc. 4 ; 1909, fasc. 1, 2, 3.

— Société des naturalistes de l'Ain. 1909, fasc. 1, 2.

BRÜNN. — Verhandlungen des naturforschenden Vereins. XLVI. B. 1907.

BRUXELLES. — Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique :

Bulletin in-8 (sciences). 1908, nos 9-12 ; 1909, nos 1-8.

Mémoires couronnés in-8. T. II, fasc. 4, 5.

Mémoires in-4. T. II, fasc. 1, 2, 3.

Annuaire. 1909.

Notices biographiques. 1907-1909.

— Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique. 1908. 1, 2, 3 et annexes.

BUCAREST. — Bulletin de l'Institut météorologique de Roumanie. Année XVII, 1908 ; année XVIII, 1909.

BUENOS-AIRES. — Anales del Museo nacional. T. X.

CAEN. — Mémoires de l'Académie nationale des sciences, arts et belles-lettres. 1908.

— Bulletin de la Société linnéenne de Normandie. 6e série, t. I, 1907.

— Mémoires in-4. Vol. XXIII, liv. 1, 2.

CARCASSONNE. — Société d'études scientifiques de l'Aude. T. XX, 1909.

CARLSRUHE. — Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins. 1907-1908.

CHALON-SUR-SAÔNE. — Bulletin de la Société des sciences naturelles. T. XIV, 11-12 ; t. XV, 3.

CHARLEVILLE. — Bulletin de la Société d'histoire naturelle des Ardennes. T. XIII, 1906 ; t. XIV, 1907.

CHICAGO. — Field Museum of natural history :

Géologie. Vol. III, 7 ; vol. IV, 1.

Zoologie. Vol. VII, 7.

Publications spéciales, 1, 2.

Report series. Vol. III, 3.

CINCINNATI. — Bulletin of the Lloyd library of Botany, Pharmacy and Materia medica. 1909, no 11.

COÏMBRE. — Boletin Sociedade Broteriana. Vol. XXIV, 1908-1909.

COIRE. — Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft. LI. B.

COLMAR. — Bulletin de la Société d'histoire naturelle. 1907-1908.

COLUMBUS. — The Ohio Naturalist. Vol. IX, 1-8; vol. X, 1-2.

COPENHAGUE. — Kongelige danske videnskaberne Selskab :
Oversigt... 1908, 6; 1909, 1-5.
Mémoires... T. VI, 3, 4; t. VII, 1; t. VIII, 1, 2, 3.

CRACOVIE. — Bulletin international de l'Académie des sciences :
Sciences mathématiques et naturelles. 1908, 9-10; 1909, 1-8.
Philologie, histoire et philosophie. 1908, 6-10; 1909, 1-6.
Catalogue. T. VIII, 1-4; t. IX, 1, 2.

DAVENPORT. — Proceedings of the Academy of natural sciences. Vol. XII, pp. 95-222.

ÉPINAL. — Annales de la Société d'émulation des Vosges. 1909.

ÉVREUX. — Recueil de la Société libre d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres de l'Eure. 6e série, t. VI, 1908.

FLORENCE. — « Redia » R. Stazione di entomologia agraria. Vol. V, 1, 2; vol. VI, 1.

FRANCFORT-SUR-MAIN. — Bericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft. 1907; 1908; 1909.

FRIBOURG (Suisse). — Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles. Vol. XV, 1906-1907; vol. XVI, 1907-1908 :
Mémoires de chimie... Vol. III, H. 2.
— géologie et géographie... Vol. VI.
— botanique... Vol. II, H. 2, 5.
— bactériologie... B. I, H. 1.

FRIBOURG-EN-BRISGAU. — Berichte der naturforschenden Gesellschaft. B. XVII, 2.

GÊNES. — Atti della ligustica di scienze naturali geografiche. Vol. XIX, 3, 4; vol. XX, 1.

GENÈVE. — Annuaire du Conservatoire et du Jardin botanique. 11e et 12e années.
— Société de physique et d'histoire naturelle. Vol. XXXV, fasc. 4; vol. XXXVI, fasc. 1.

GIESSEN. — Berichte der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. B. II, 1907-1908.
— Medizinische Abt. B. III; IV.

GŒRLITZ. — Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft. B. XXVI.

GOTHEMBOURG. — Kung. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälleshandlingar. Vol. X, 1907; XI, 1908.

GRANVILLE (Ohio). — Bulletin of the Denison scientific Association. Vol. XIV, 1-16.

GRATZ. — Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark. B. XLV, 1908, 1, 2.

GRAY. — Bulletin de la Société grayloise d'émulation. T. XI, 1908.

GUÉRET. — Mémoires de la Société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse. T. XVI, fasc. 2.

HALLE — Nova Acta Kaiserliche Leopoldino-Carolinæ Akademie der Naturforscher. Vol. XC, 2.

HAMBOURG-JOHANNEUM. — Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins. XVI, 1908.

HARLEM. — Société hollandaise des sciences. Archives néerlandaises. T. XIV, 1-5.

HAVRE (LE). — Bulletin de la Société géologique de Normandie. T. XXVII, 1907 ; XXVIII, 1908.

HELSINGFORS. — Vetenskaps Societetens af Finska :

Ofversigt... XLVIII, 1905-1906 ; XLIX, 1906-1907 ; L, 1907-1908.

Bidrag... LXIV ; LXV ; LXVI.

— Observations de l'Institut météorologique d'Helsingfors. 1902.

— Observations météorologiques de la Finlande. 1896-1897.

— Meddelanden af geografiska foreningen i Finland. 1907-1909, 8.

— Sallskapets pro Faunä et Florä feunicä :

Acta Societatis... T. XXXIII ; XXXIV ; XXXV, 1-10. Minnestal. XXXVI, 1, 2 ; XXXVII, 1, 5, 6, 7, 8.

Meddelanden... 1906-1907 ; 1907-1908 ; 1908-1909.

Acta Societatis... Vol. XXIX, 1906-1908 ; vol. XXX, 1904-1906 ; vol. XXXI, 1908-1909 ; vol. XXXII, 1909 ; vol. XXXIV, 1909.

INNSBRUCK. — Zeitschrift des Ferdinandeum für Tyrol und Vorarlberg. H. 53, 1909.

KANSAS. — Bulletin of the University of Kansas. Vol. IV, 7-20.

KHARKOFF. — Travaux de la Société des sciences physico-chimiques. T. XXXIV ; t. XXXV, 1-8 et suppléments.

LANGRES. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de la Haute-Marne. Nos 23 à 27.

LAUSANNE. — Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles. Nos 164 à 167.

LAVAL. — Mayenne-sciences (société scientifique). 1908.

LEIPZIG. — Berichte der königlich-sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1908, 6, 7, 8 ; 1909, 1, 2, 3.

Abhandlungen... B. XXX, 5, 6 ; B. XXXI, 1-8 ; B. XXXII, 1.

LEVALLOIS-PERRET. — Annales de l'Association des naturalistes. 1909, 14e année.

Bulletin... 1908, 1-4 ; 1909, 1-2.

LISBONNE. — Académie des sciences du Portugal (séances publiques). 1905, 1906, 1907.

LIVERPOOL. — Proceedings of the Liverpool biological Society. Vol. XXIII, 1908-1909.

LOUVAIN. — Annales de la Société scientifique de Bruxelles. 1908-1909, 1.

— Revue des questions scientifiques. T. XV, 1.

LUXEMBOURG. — Société des naturalistes luxembourgeois. Nouvelle série, 1re année, 1907 ; 2e année, 1908.

LYON. — Actes de la Société linnéenne. 1908, 55.

— Annales de la Société botanique. 1908, 33.

MACON. — Bulletin trimestriel de la Société d'histoire naturelle. 3e vol., nos 6-9.

MANCHESTER. — Litterary and philosophical Society. Memoirs. Vol. LIII, p. 1, 2, 3.

MARSEILLE. — Annales de la Faculté des sciences. T. XVII.

— Bulletin de la Société scientifique industrielle. 1908, 36e année.

MERIDA. — « Boletin mensual » de la section météorologique. 1907-1908, 10-12 ; 1909, 1, 3, 5-10.

MEXICO. — Annuaire astronomique. 1909, 1910.

— Institut géologique. N° 26.

Parazones... T. II, 7-10 ; t. III, 1-2.

— Academia Mexicana. Boletin mensal. 1909, 1, 2, 3.

— Memorias de la Sociedade cientifica Antonio Alzate. T. XXVI, 10-12 ; t. XXVII, 1-3.

MILWAUKEE. — Bulletin of the Wisconsin natural history Society. Vol. V, 4 ; vol. VI, 1-2, 3-4 ; vol. VII, 1-2.

MONTAUBAN. — Recueil de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Tarn-et-Garonne. XXIII, 1907 ; XXIV, 1908.

MONTBÉLIARD. — Mémoires de la Société d'émulation. Vol. XXXV, 1908 ; vol. XXXVI, 1909.

MONTEVIDEO. — Anales del Museo nacional Flora Urugaya. T. IV, 1.

MONTPELLIER. — Académie des sciences et lettres. Bulletin mensuel. 1909, 1-7.

MOSCOU. — Bulletin de la Société impériale des naturalistes. 1907, n° 4.

MUNICH. — Abhandlungen der königlich-baierischen Akademie der Wissenschaften. B. XXIV, 1. et 2. Suppl., 1-4.

Sitzungsberichte math.-phys. Klasse. 1909, 1, 2, 3.

— Berichte der baierisch-botanischen Gesellschaft. B. XII, 1.

Mitteilungen... B. II, 11, 12, 13.

MUNSTER. — Jahresbericht des westfälischen provinzial Vereins für Wissenschaft und Kunst. 1907-1908 ; 1908-1909.

NANCY. — Bulletin de la Société industrielle de l'Est. Nos 66-74.

— Bulletin de la Société lorraine de photographie. 1908, 9-10 ; 1909, 1-8.

— Bulletin de la Société de géographie de l'Est. 1909, 1, 2, 3.

NANTES. — Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'ouest de la France. 2e série, T. VIII, 3-4 ; t. IX, 1, 2-3.

NAPLES. — Atti della reale Accademia di scienze morale i politiche. XXXVIII, 1909.

Rendi Conti... 1906 ; 1907 ; 1908.

— Bulletin de la Société des naturalistes. Vol. XXII.

— Annali di Neurologia. Anno XXVI, 5-6 ; anno XXVII, 1-5.

NEUCHATEL. — Bulletin de la Société des sciences naturelles. T. XXXV, 1907-1908.

— Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie. T. XIX, 1908.

NEW-YORK. — Transactions of the Academy of sciences. Vol. XVIII, 3.

New York public Library. 1908.

OBERLIN. — The Oberlin college Library. Vol. XX, 4; vol. XXI, 1.

Laboratory bulletin. 14, 15.

OFFENBACH. — Bericht des Vereins für Naturkunde. 12 mai 1901-2 mai 1909.

PAMPROUX. — Bulletin de la Société régionale de botanique des Deux-Sèvres. 1908-1909, 20e bulletin.

PARIS. — Bulletin du laboratoire d'essais du Conservatoire national des arts et métiers. Fasc. 13.

— Association française pour l'avancement des sciences, 38e session. Lille, 1909, t. 1.

Bulletin mensuel... 13-16.

— Feuille des Jeunes Naturalistes. Nos 460 à 470.

PERPIGNAN. — Mémoires de la Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales. 1909, 50e volume.

PHILADELPHIE. — Proceedings of the Academy of natural sciences of Philadelphia. Vol. LX, 3; vol. LXI, 1.

PISE. — Atti della Società toscana di scienze naturali. Vol. XXIV.

— Processi-verbali. T. XVIII, 1-4.

PORTICI. — Regia scuola superiore di agricoltura. 1907, vol. VII; 1908, vol. VIII.

PORTO. — Annaes scientificos di Academia Polytechnica. Vol. IV, 1-4.

PRAGUE. — Sitzungsberichte der königlich-bohmischen Gesellschaft der Wissenschaften. 1908.

Jahresbericht. 1908.

— Acta Societatis entomologicæ Bohemiæ. T. V, 1908, 4; t. VI, 1909, 1, 2, 3.

REIMS. — Bulletin de la Société d'études des sciences naturelles. 1908-1909, 18e année, 1, 2; 1909, 19e année, 1.

RIO-DE-JANEIRO. — Observatoire astronomique et météorologique. Boletim mensal. 1907, 7-12.

— Archivos del Museo nacional.

Boletim... Anno XII, 4, 5, 6.

ROME. — Atti della Academia reale dei Lincei. 1909, 1er semestre, 1-12; 2e semestre, 1-12.

— Station royale agronomique. Vol. VII, 1907-1908.

ROUEN. — Bulletin de la Société des Amis des sciences naturelles. 1907, 1, 2.

SAINT-DIÉ. — Bulletin de la Société philomatique vosgienne. 1908-1909.

SAINT-GALL. — Naturwissenschaftliche Gesellschaft. 1906; 1907.

SAINT-PÉTERSBOURG. — Mémoires de l'Académie impériale des sciences. T. XVIII, 7, 8, 10, 13; t. XXI, 2, 3; t. XXII, 1-10; t. XXIII, 1-6.

Bulletin... 1909, 1-18.

— Archives des sciences biologiques. T. XIV, 1-5.

— Comité géologique:

Bulletin... Vol. XXVI, 1-4, 8-10; vol. XXVII, 2-10.

Mémoires... 41-50.

SAN FRANCISCO. — Proceedings of the Academy of Sciences of California. Vol. III, pp. 41-56.

SASSARI. — Studi Sassareti. Anno VI, fasc. 3-4; anno VII, fasc. 1-2.

STOCKHOLM. — Académie royale suédoise des sciences :
— Prix Nobel. 1906.
— Kongliga Svenska. T. XLIII, 7-12 ; t. XLIV, 1-5 ; t. XLV, 1-2.
— Lefnadsteckningar. B. IV, H. 4.
— Årsbok... 1909.
— Arkiv för Botanik... B. VIII, 1-4 ; B. IX, 1.
— Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi... B. III, 3.
— Arkiv för Mathematik... B. V, 1-4.
— Arkiv för Zoologi... B. V, 1-4.
— Meddelanden... 12-15.

TOLUCA. — Bulletin météorologique de l'État de Mexico. T. X, 12-13 ; t. XI, 1-4.

TOULOUSE. — Mémoires de l'Académie des inscriptions et belles-lettres. T. VIII.
— Bulletin de la Société d'histoire naturelle. 1908, 3-4 ; 1909, 1, 2, 3.
— Bulletin de la Station de pisciculture. Nouvelle série, fasc. 5 à 8.
— Bulletin de l'Université de Toulouse. Fasc. 20.
— Rapport annuel des travaux des Facultés. 1906-1907 ; 1907-1908.
— Annuaire... 1909-1910.

TOURS. — Annales de la Société d'agriculture, sciences et belles-lettres. 1908, LXXXVIII.

TROÏTZNOSSOWSK-KIACHTA. — Relation de la Société de géographie. T. IX, 1906, 1, 2 ; t. X, 1907, 1, 2.

UPSAL. — Nova acta Regiæ Societas scientiarum. Série IV, vol. II, 3-6.

VERDUN. — Société philomatique. T. XVI. (Cathédrale de Verdun.)

VERSAILLES. — Société des sciences naturelles et médicales de Seine-et-Oise. T. XVIII.

VIENNE. — Dankschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. T. LXXIX, 1 ; t. LXXXI.
Almanach... 1907 ; 1908.
— Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften : Minéralogie, botanique, etc. CXVI, 1-10 ; CXVII, 1-7.
— Verhandlungen der K. K. zoologischen und botanischen Gesellschaft. B. LVIII.
— Annalen des K. K. naturhistorischen Hofmuseums. T. XXII, 2-3 ; t. XXIII, 1-2.
Erdbeben Commission. XXXII ; XXXIII.

VITRY-LE-FRANÇOIS. — Société des sciences et arts. 1906, t. XXV.

WASHINGTON. — Experiment Station Record (Secretary of Agriculture). Vol. XX, 3-12, index ; vol. XXI, 1-6.
— Smithsonian Institution. 1907, 1, 2 ; 1908, 1.
— Bureau of Ethnology :
Bulletin. Nos XXXIV, XLI, XLII.
Annual report. 1904-1905.

WIESBADEN. — Jahresbericht des Nassauischen Vereins für Naturkunde. J. 62.

ZURICH. — Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft. 1908, 1-2, 3 ; 1909, 1-2.

## *II — Mémoires originaux*

Aimond (Abbé Ch.). — La Cathédrale de Verdun. Nancy, 1909, 1 vol. gr. in-8.

Ameghino (Florentino). — Le Litige des scories et des terres anthropiques des formations néogènes de la république Argentine. Buenos-Aires, 1909, 1 br. in-8.

Bertrand (Paul). — Étude sur la fronde des zygoptéridées. Texte et atlas. Lille, 1909, 2 vol. in-8 et in-folio.

Bœttger (O.). — Katalog der Batrachier-Sammlung.
Katalog der Reptilien-Sammlung. 1892-1898, 2 vol. in-8.

Dalgado. — Notes on the climate of mount'Estoril and the riviera of Portugal. Lisboa, 1908, 1 vol. in-8.

Elogio academico de Sua Majestade El-Rei o senhor D. Carlos I. Lisboa, 1909, 1 br. in-8.

Festschrift des Herrn Professor Dr J. A. Palméu. Helsingfors, 1905-07, 2 vol. in-4.

Festschrift zur Erinnerung an die Eröffnung des neuerbauten Museums der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft zu Frankfurt-am-Main, am 13 Oktober 1907. Frankfurt-am-Main, 1907, 1 vol. in-4.

Guide de Nancy, publié par la Société industrielle de l'Est. Nancy, 1909, 1 vol. in-12.

Guyot (Ch.). — Paul Fliche (1836-1908). Sa vie et ses œuvres. Nancy, 1909, 1 br. in-8.

Hartert (E.). — Katalog der Vogelsammlung im Museum der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt-am-Main. Frankfurt-am-Main. 1891, 1 vol. in-8.

Kobelt (W.). — Katalog der aus dem paläarktischen Faunengebiet beschriebenen Säugetiere. 1896, 1 vol. in-8.

Lecointre (Ctesse Pierre). — Les Faluns de la Touraine. Tours, 1908, 1 vol. in-8.

Lucas de Heyden (Dr). — Die Käfer von Nassau und Frankfurt. Franckfurt-am-Main, 1904, 1 vol. in-8.

Machado. — Les Applications directes et indirectes de l'électricité à la médecine et à la chirurgie. Lisboa, 1908, 1 vol. in-folio.

Moreaes de Almeido. — Tratado elementar de electricidade. T. I. Lisboa, 1909, 1 vol. in-8.

Nicklès (René). — Le Lias de Tournemire. — L'Hettangion et le Sinémurien du Cernon et de Nant. — La région plissée du Buèges. Paris, 1908, 1 vol. in-8.

— Sur l'existence de la houille à Gironcourt (Vosges). Paris, 1909, 1 plaq. in-4.

Noticia summaria por Cardozo de Bethencourt, l'Official da mesma Bibliotheca. Lisboa, 1909, 1 br. in-8.

Parisot (Paul). — Annuaire statistique et démographique de la ville de Nancy (1907). Nancy, 1908, 1 vol. in-4.

Picot, Loth, Moreau et Doumergue. — Discours prononcés à la séance d'ouverture du congrès des Sociétés savantes à Rennes, le samedi 3 avril 1909. Paris, 1909, 1 br. in-8.

Relatorio da Commissão magnetica (1903-1904). Rio-de-Janeiro. 1909, 1 vol. in-8.

Thomas (Ph.). — Essai d'une description géologique de la Tunisie. 2e partie. Stratigraphie. Paris, 1909, 1 vol. in-8.

# SOCIÉTÉS CORRESPONDANTES

## *Sociétés françaises*

Amiens. — Société linnéenne du nord de la France. (21, rue de Noyon.)
— Société industrielle.
Angers. — Société d'études scientifiques.
— Société industrielle et agricole. (7, rue Saint-Blaise.)
Arcachon. — Société scientifique.
Autun. — Société des sciences naturelles.
Belfort. — Société belfortaine d'émulation.
Besançon. — Société d'émulation du Doubs. (Palais Granvelle.)
— Société d'histoire naturelle du Doubs.
Besse. — Station limnologique.
Béziers. — Société d'études des sciences naturelles. (Au Muséum, place des Halles.)
Bordeaux. — Société linnéenne.
— Société des sciences physiques et naturelles. (20, cours Pasteur.)
Bourg. — Société d'émulation et d'agriculture. (15, rue du Docteur-Ebrard.)
— Société des naturalistes de l'Ain.
Caen. — Académie nationale des sciences, arts et belles-lettres.
— Société linnéenne de Normandie.
Carcassonne. — Société d'études scientifiques de l'Aude.
Chalon-sur-Saône. — Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire.
Charleville. — Société d'histoire naturelle des Ardennes. (Au Vieux Moulin.)
Cherbourg. — Société nationale des sciences naturelles.
Épinal. — Société d'émulation du département des Vosges.
Évreux. — Société libre d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres de l'Eure.
Gray. — Société grayloise d'émulation.
Guéret. — Société des sciences naturelles et archéologiques de la Creuse.
Havre (Le). — Société géologique de Normandie.
Langres. — Société des sciences naturelles de la Haute-Marne.
Laval. — Mayenne-Sciences.
Levallois-Perret. — Association des naturalistes. (37bis, rue Launois.)
Lille. — Société géologique du Nord.
Lyon. — Société linnéenne. (2, place Sathonay.)
— Société botanique. (8, cours Gambetta.)

MACON. — Société d'histoire naturelle.
MARSEILLE. — Société scientifique industrielle.
— Annales de la Faculté des sciences.
MONTAUBAN. — Académie des sciences, lettres et arts de Tarn-et-Garonne.
MONTBÉLIARD. — Société d'émulation.
MONTPELLIER. — Académie des sciences et lettres (Section des sciences).
NANCY. — Académie de Stanislas.
— Société de médecine.
— Société de géographie de l'Est.
— Commission météorologique du département de Meurthe-et-Moselle.
— Société lorraine de photographie.
— Société industrielle de l'Est.
NANTES. — Société des sciences naturelles de l'ouest de la France. (Au Muséum d'histoire naturelle.)
NÎMES. — Société d'études des sciences naturelles.
PAMPROUX (Deux-Sèvres). — Société régionale de botanique.
PARIS. — Académie des sciences. (A l'Institut, 23, quai de Conti.)
— Association française pour l'avancement des sciences. (28, r. Serpente.)
— Laboratoire d'essais du Conservatoire des arts et métiers. (292, rue Saint-Martin.)
— La Feuille des Jeunes Naturalistes. (35, rue Pierre-Charron.)
— Muséum d'histoire naturelle. (Jardin des plantes, rue Cuvier.)
— Bibliothèque universitaire de la Sorbonne. (A la Sorbonne.)
PERPIGNAN. — Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales.
REIMS. — Société d'étude des sciences naturelles.
ROUEN. — Société des Amis des sciences naturelles.
SAINT-DIÉ. — Société philomathique vosgienne.
TOULOUSE. — Académie des sciences, inscriptions et belles-lettres. (26, port Saint-Étienne.)
— Université. (2, rue de l'Université.)
— Société d'histoire naturelle. (17, rue de Rémusat.)
TOURS. — Société d'agriculture, sciences, arts et belles-lettres du département d'Indre-et-Loire. (4bis, rue Origet.)
VERDUN. — Société philomathique de Verdun.
VERSAILLES. — Société des sciences naturelles et médicales de Seine-et-Oise.
VITRY-LE-FRANÇOIS. — Société des sciences et arts.

## *Sociétés étrangères*

ACIREALE. — Accademia di scienze, lettere ed arti degli zelanti.
ALBUQUERQUE. — University of New Mexico.
AMSTERDAM. — Koninklijke Akademie der Wetenschappen (Académie royale des sciences).
ANN ARBOR. — University of Michigan.
BALE. — Naturforschende Gesellschaft.

BATAVIA. — Koninklijke natuurkundige vereeniging in Nederl.-Indië.
BELLINZONA (Suisse). — Societa ticinese di scienze naturali.
BERGEN. — Bergens museums Aarbog.
BERLIN. — Kœnigl.-Preussische Akademie der Wissenschaften. (W., 35, Potsdamerstrasse, 120.)
BERNE. — Naturforschende Gesellschaft. (Kesslergasse, 41.)
— Schweizerische naturforschende Gesellschaft. (Stadt der Bibliothek.)
BONN. — Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westfalens. (Maarflachweg, 4.)
— Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
BOSTON (Massachusetts). — American Academy of Arts and Sciences.
BRESLAU. — Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur.
BRUNN. — Naturforschender Verein.
BRUXELLES. — Académie royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique.
— Société royale de botanique de Belgique.
BUCAREST. — Institut météorologique de Roumanie.
BUENOS-AIRES. — Museo nacional. (Casilla del Correo, 470.)
CARLSRUHE. — Naturwissenschaftlicher Verein.
CHEMNITZ (Saxe). — Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
CHICAGO. — Field Museum of Natural History.
CINCINNATI. — Lloyd library of botany, pharmacy and materia medica.
COIRE. — Naturforschende Gesellschaft Graubündens.
COLMAR. — Société d'histoire naturelle.
COLUMBUS (Ohio). — Ohio State University.
COPENHAGUE. — Kongelige danske videnskabernes selskabs (Académie royale danoise des sciences). (Vestre Boulevard, 35.)
CRACOVIE. — Académie des sciences.
DANZIG. — Naturforschende Gesellschaft.
DAVENPORT. — Academy of sciences.
FLORENCE. — R. Stazione di entomologia agraria. (19, Via Romana.)
FRANCFORT-SUR-LE-MAIN. — Senkenbergische Naturforschende Gesellschaft. (Viktoria Allee, 7.)
FRANCFORT-SUR-L'ODER. — Naturwissenschaftlicher Verein.
FRAUENFELD. — Thurgauische naturforschende Gesellschaft.
FRIBOURG-EN-BRISGAU. — Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg im Breisgau (grand-duché de Bade).
FRIBOURG (Suisse). — Société fribourgeoise des sciences naturelles.
GÊNES. — Società ligustica di scienze naturali e geografiche.
GENÈVE. — Jardin botanique.
— Société de physique et d'histoire naturelle.
GIESSEN. — Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.
GŒRLITZ (Silésie). — Naturforschende Gesellschaft.
GOTHEMPOURG. — Kungl. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles handlingar.
GRANVILLE (Ohio). — Denison scientific Association.
GRATZ. — Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark.
HALIFAX. — Institute of natural science.

HALLE-A-SAALE. — Kaiserliche Leop.-Carol. Akademie. (Wilhelmstrasse, 37.)
HAMBOURG-JOHANNEUM. — Wissenschaftlicher Verein.
HARLEM. — Société hollandaise des sciences.
HELSINGFORS. — Vetenskaps-Societetens af Finska (Société des sciences de la Finlande).
— Sällskapets pro Faunä et Florä fennicä (Société pour la faune et la flore de la Finlande).
— Geografiska föreningen i Finland.
INSPRUCK. — Férdinandeum für Tyrol und Vorarlberg.
KANSAS. — Kansas university quaterly.
KHARKOFF. — Société des sciences physico-chimiques (Université).
KIEW. — Société des Naturalistes attachés à l'Université impériale de Saint-Wladimir, à Kiew.
LAUSANNE. — Société vaudoise des sciences naturelles. (École de chimie.)
LEIPZIG. — Königl.-Sächsische Gesellschaft der Wissenschaften.
— Verein für Erdkunde.
LIÈGE. — Société géologique de Belgique.
— Société royale des sciences.
LIVERPOOL. — Biological Society.
LONDRES. — Linnean Society. (Burlington House Piccadilly W.)
LOUVAIN. — Société scientifique de Bruxelles. (11, rue des Récollets.)
LUCERNE. — Naturforschende Gesellschaft.
LUXEMBOURG. — Institut royal grand-ducal de Luxembourg (Section des sciences naturelles et mathématiques).
— « Fauna », Verein für Luxemburger Naturfreunde.
— Société des Naturalistes luxembourgeois.
MADISON. — Wisconsin Academy of sciences, arts and letters.
MANCHESTER. — Litterary and philosophical Society. (36, George Street.)
MANILLE. — Ethnological Survey for the Philippines Islands.
MERIDA. — Section météorologique de l'État de Yucatan (Mexique).
METZ. — Société d'histoire naturelle.
MEXICO. — Sociedad cientifica Antonio Alzate. (Palma, 13.)
— Observatoire météorologique de Tacubaya.
MILWAUKEE. — Wisconsin natural history Society.
MONTEVIDEO. — Museo nacional.
MOSCOU. — Société impériale des naturalistes.
MUNICH. — Bayerische botanische Gesellschaft.
MUNSTER. — Westfälischer Provinzial Verein für Wissenschaft und Kunst.
NAPLES. — Accademia reale di scienze morali e politiche.
— Società di naturalistí.
— Annali di Neurologia.
NEUCHATEL. — Société des sciences naturelles (Suisse).
— Société neuchâteloise de géographie.
NEW-YORK. — Academy of sciences. (77th. Street and Central Park West.)
— New-York public library.
OBERLIN (Ohio). — The Oberlin College library.
OFFENBACH. — Verein für Naturkunde in Offenbach am Main.

Osnabruck. — Wissenschaftlicher Verein.
Philadelphie. — Academy of natural sciences of Philadelphia (Pensylvanie).
Pise. — Società toscana di scienze naturali.
Portici. — Annali della Regia scuola superiori di agricoltura.
Porto. — Academia polytechnica.
Prague. — Königl.-Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften in Prag.
— Societas entomologica Bohemiæ.
Presbourg. — Verein für Natur- und Heilkunde.
Rio-de-Janeiro. — Observatoire astronomique et météorologique. (Ministère de l'agriculture, industrie et commerce.)
— Museo Nacional.
Rome. — Accademia reale dei Lincei.
— R. Stazione agraria sperimentale. (Via Leopardi, 17.)
— Societa Italiana per il progresso delle scienze. (26, Via del Collegio Romano.)
Saint-Gall. — Sankt-Gallische naturwissenschaftliche Gesellschaft.
Saint-Louis (Missouri). — Academy of sciences. (3817, Olive Street.)
— Missouri botanical Garden. (3817, Olive Street.)
Saint-Pétersbourg. — Académie impériale des sciences.
— Comité géologique (Institut des Mines).
— Institut de médecine expérimentale.
San-Francisco. — Academy of sciences of California.
San José. — Museo nacional de Costa-Rica.
Sassari. — Studi Sassari.
Sion (Suisse). — Société Murithienne du Valais.
Stockholm. — Kongl. Svenska Vetenskaps Akademiens (Académie royale suédoise des sciences).
Toluca (Mexique). — Service météorologique de l'État de Mexico.
Troïtznossowsk-Kiachta. — Société impériale russe de géographie (Sibérie occidentale).
Upsal. — Regia societas scientiarum Upsaliensis.
Urbana (Illinois). — State laboratory of natural history.
Vienne. — Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien (mathemat. u. wissenschaftliche Abt.).
— Kaiserl.-Königl. naturhistorisches Hofmuseum.
— Kaiserl.-Königl. zoologische und botanische Gesellschaft. (III 3, Mechelgasse, n° 2.)
Washington (D. C. U. S. A.). — Smithsonian Institution.
— Bureau of Ethnology.
— Experiment station record (secretary of agriculture).
Wiesbaden. — Nassauischer Verein für Naturkunde.
Winterthur. — Naturwissenschaftliche Gesellschaft.
Zagra. — Societas historico-naturalis croatica.
Zurich. — Naturforschende Gesellschaft.

# TABLE DES MATIÈRES

## ANNÉE 1909 — SÉRIE III, TOME X, FASCICULES I, II, III, IV


Pages

Bureau et conseil d'administration. . . . . v

Liste des membres de la Société. . . . . v

I — Procès-verbaux des séances . . . . . xi

II — Mémoires originaux

Sur une théorie nouvelle de la captation de l'azote atmosphérique par les plantes, par M. E. Henry . . . . . 1

Valeur morphologique et biologique des tubercules radicaux des légumineuses, par M. Paul Vuillemin . . . . . 30

Étude des tartrates d'amines grasses et aromatiques en dissolution, en se servant du pouvoir rotatoire. Note de MM. J. Minguin et Henri Wohlgemuth . . . . . 46

Influence du couvert de la forêt sur la température du sol à diverses profondeurs, par M. E. Cuif . . . . . 51

Une ronce arbrisseau devenue plante nuisible au Chili, par M. E. Henry. 67

La maladie des châtaigniers aux États-Unis et en Europe, par M. E. Henry . . . . . 72

Deuxième contribution à l'étude des muscinées de la Grèce, par M. A. Coppey. . . . . 83

Note sur le plan géologique en relief de la concession de Droitaumont, par M. Henry Joly . . . . . 131

La mer helvétienne dans le bassin du Haut-Rhin, par MM. Mieg et H.-G. Stehlin. . . . . 133

Les néphrophagocytes des mammifères, par MM. L. Spillmann et L. Bruntz. . . . . 135

Pages

Le capricorne domestique (*Hylotrupes bajulus L.*) destructeur de poteaux télégraphiques, par M. E. Henry . . . . . 139
Contribution à l'étude des lichens de la Grèce, par MM. l'abbé J. Harmand et R. Maire . . . . . 143
Les bois communs de l'Afrique occidentale française, par M. A. Jolyet. 177
Pullulation calamiteuse du lapin en Allemagne, par M. E. Henry. . . 195
Invasion du taret dans le port de Marseille; moyens préservatifs, par M. E. Henry . . . . . 211
Sur la radioactivité de l'eau du parc Sainte-Marie, par MM. C. Gutton et E. Rothé. . . . . 221
Recherches sur les Ptéridospermes (fougères à graines du terrain houiller), par M. C. Grand'Eury. . . . . 225
La pratique des repeuplements en écrevisses, par R. de Drouin de Bouville. . . . . 242

Ouvrages reçus par la Société pendant l'année 1908. . . . . 265
Sociétés correspondantes. . . . . 273

Nancy, imprimerie Berger-Levrault et Cie

LE

# LOPHODERMIUM MACROSPORUM

## PARASITE DES AIGUILLES D'ÉPICÉA

Par M. Émile MER

---

En 1874, Robert Hartig a fait connaître un champignon parasite des aiguilles d'épicéa dont il a décrit, avec beaucoup de détails, la structure, l'évolution et la maladie qu'il produit (1). Il lui a donné le nom d'*Hysterium macrosporum*, auquel fut substitué, plus tard, celui de *Lophodermium macrosporum*, quand on eut rangé dans le genre *Lophodermium* les champignons à spores filiformes, ayant parfois la longueur de la thèque qui les renferme, ce qui est le cas pour celui qui fait l'objet de ce mémoire.

Le *Lophodermium macrosporum* présente la particularité que son mode de développement, ainsi que ses effets sur la feuille atteinte, varient dans de larges limites, suivant les conditions qu'elle présente et, par suite, suivant les stations où on le rencontre. C'est ainsi que R. Hartig a été amené à distinguer trois formes différentes de cette affection :

1° Dans les régions montagneuses de l'Erzgebirge et du Harz, l'attaque a lieu au mois de mai et l'aiguille brunit aussitôt. Les spermogonies apparaissent en juillet et les périthèces en août. Ces derniers organes s'agglomèrent à la face inférieure des feuilles, sous forme de cordons noirs longitudinaux, dans la région des stomates. En octobre, se forment les thèques, mais

(1) *Wichtige Krankheiten der Waldbaüme*, pages 101 et suivantes.

celles-ci, après être restées stationnaires en hiver, ne mûrissent qu'au printemps suivant. La période de végétation du parasite est, dans ce cas, d'une année ;

2° A Eberswald, localité située en plaine, près de Berlin, la marche de la maladie est différente. L'attaque a bien encore lieu au printemps, mais c'est seulement à l'automne ou même en hiver, que l'aiguille brunit. Les périthèces se forment au mois de juin de l'année suivante, un peu plus tôt que dans le premier cas, mais trop tard cependant pour que la maturation puisse s'effectuer la même année. C'est seulement au mois de mai de l'année qui suit, que se produit la dissémination des spores. Le cycle de végétation du *Lophodermium* est alors de deux ans. Le retard dans le développement du mycélium est attribué par Hartig à la sécheresse du climat de plaine, tandis que sa rapide évolution est favorisée par l'air humide de la montagne ;

3° Dans les deux cas précédents, une faible partie seulement des aiguilles atteintes se détache avant la formation des périthèces. Une troisième forme d'infection se rencontre dans les pépinières de Neustadt : toutes les aiguilles brunissent et tombent, du mois d'août à la fin de l'automne. Hartig, pour ce motif, a appelé cette forme *Nadelschütte* (chute des aiguilles). Cette chute quelquefois n'est que partielle. Dans ce cas, les feuilles qui restent adhérentes au rameau présentent de petites taches brunes ou bien ne brunissent qu'à l'extrémité, la base demeurant verte et étant séparée de la partie malade par un épanchement de résine qui a enrayé l'extension du mycélium. Dès l'automne, des spermogonies apparaissent sur cette région malade, bientôt suivies de périthèces qui, ici, restent isolées, sous forme de petites gibbosités et ne se réunissent pas en files parallèles à la nervure, comme dans les deux premiers cas. La dissémination des spores s'effectue au printemps suivant. La durée de la maladie peut alors varier légèrement, sans dépasser toutefois une année.

Telles sont les trois formes de la maladie que Hartig avait reconnues jusqu'en 1874. Mais l'étude, pourtant si consciencieuse et si approfondie qu'il en avait faite, ne le satisfaisait pas entièrement, car bien des années après, dans son *Traité des Maladies des arbres,* publié en 1889, il fait remarquer que plusieurs points du développement de ce parasite sont encore obscurs et réclament de nouvelles études.

C'est afin de combler cette lacune et aussi de rechercher si, dans les Hautes-Vosges, la forme de l'infection rentre dans l'une de celles décrites par R. Hartig, ou si on les rencontre toutes trois, que, dès 1889, je me mis à étudier le développement du *Lophodermium macrosporum* dans cette région. Mon attention se porta principalement sur la forme dite *Nadelschütte*, parce qu'elle me parut y être de beaucoup la plus répandue. Sous le titre de *Défoliation des branches basses d'épicéa*, j'ai publié une partie de ces premières recherches (1).

Je signalais, dans ce travail, plusieurs faits qui avaient échappé à Hartig ou qui ne se présentaient pas dans les localités étudiées par lui. Ainsi j'avais reconnu que, dès la fin du printemps, on peut ranger les aiguilles atteintes en deux catégories : celles qui brunissent aussitôt après l'attaque et celles qui ne brunissent que très lentement, souvent par zones successives. Les premières, très amylifères, restent adhérentes et fructifient sur le rameau ; les autres, ne renfermant pas ou peu d'amidon, tombent, dès qu'elles ont achevé de brunir, ce qui arrive dès la première année, mais parfois aussi, au bout de deux ou trois ans seulement et ne fructifient pas avant leur chute. On a vu que, dans la *Nadelschütte* partielle, un assez grand nombre d'aiguilles ne sont atteintes qu'à l'extrémité et que des organes reproducteurs se forment dans cette partie. (Je remarquais bien, quoique rarement, des aiguilles dont l'extrémité seule se trouvait atteinte, mais elles ne portaient pas d'organes reproducteurs. Quant à celles qui étaient frappées de *Nadelschütte* totale, je ne trouvais, sur aucune d'elles, trace de fructifications, avant la chute.) Les feuilles qui jonchaient le sol n'étaient pas plus instructives à cet égard, car celles qui venaient de tomber se trouvaient encore stériles, tandis que les aiguilles dont la chute remontait aux années précédentes, ne présentaient que des périthèces vides, et par conséquent indéterminables, ou bien leur tissu désorganisé avait fini par être envahi par des saprophytes d'espèces variées. Ainsi en étais-je arrivé à penser que les différences constatées entre les deux formes d'infection étaient assez importantes pour m'autoriser à regarder le parasite de la *défoliation* comme différant peut-être du *Lophodermium macrosporum*, ou du moins à ré-

(1) *Bull. Soc. bot. de France*, 1892, pages 386 et suivantes.

server mon opinion à cet égard, jusqu'au jour où j'aurais l'occasion d'observer des fructifications sur les aiguilles caduques.

J'avais provisoirement abandonné l'étude de cette question, quand, à l'arrière-automne de 1898, avant les premières neiges, lesquelles, cette année, ne tombèrent qu'en décembre (circonstance qui retarda la chute des aiguilles), j'en rencontrai trois, encore fixées au rameau, portant de petites saillies ponctiformes, noires, constituées par des périthèces pourvues de paraphyses, mais n'ayant pas encore formé de thèques. Ces périthèces ressemblaient à celles de *Lophodermium macrosporum,* mais l'absence de thèques ne permettait pas de les identifier. Toutefois le fait d'avoir rencontré, exceptionnellement, il est vrai, des fructifications sur des aiguilles atteintes de *Nadelschütte* me prouvait que, dans certains cas, il peut commencer à s'en former dès la fin de l'automne. Espérant obtenir un plus complet développement, je plaçai, au mois de décembre, sous cloche humide, des aiguilles prêtes à se détacher. Dans quelques-unes apparurent, deux ou trois semaines plus tard, les menues fructifications que j'avais observées sur les aiguilles dont je viens de parler. On apercevait, dans les périthèces, des paraphyses rudimentaires, mais toujours pas de thèques. Je poursuivis, tout l'hiver, l'expérience, mais, malgré les précautions dont je m'entourai pour préserver les aiguilles de l'envahissement des moisissures, elles finirent par en être atteintes, ce qui désorganisa non seulement leur tissu, mais encore les périthèces déjà formées. Cet insuccès me fit de nouveau délaisser la question.

Je n'en repris l'étude qu'en 1905. Pensant arriver plus sûrement à faire mûrir des fructifications, en plaçant les aiguilles dans les conditions où le parasite se développe naturellement, j'en déposai un certain nombre dans une caissette ouverte que j'abandonnai en plein air, pendant toute la durée de l'hiver suivant, après l'avoir recouverte d'un filet, pour en préserver le contenu des débris de feuilles et de branches mortes que le vent entraînerait. De temps à autre j'examinai les aiguilles qui restèrent ainsi exposées à toutes les intempéries et furent, durant plusieurs mois, recouvertes de neige. Aucune fructification n'apparut jusqu'au mois d'avril. C'est seulement à cette époque que se formèrent sur les deux faces de l'aiguille des spermogonies et des périthèces ponctiformes. Au mois de mai, je commençai à aper-

cevoir quelques thèques surgissant entre les bases des paraphyses. Dans le courant de juin, ces thèques mûrirent et j'y reconnus, à n'en pouvoir douter, la présence des spores de *Lophodermium macrosporum*. C'est donc bien à ce parasite que doit être attribuée la contamination des feuilles caduques d'épicéa. Ce point étant fixé, je soumis à une nouvelle étude les diverses formes de cette maladie, car il m'avait semblé que, sur bien des points, elles différaient de la description qu'en avait faite Hartig. Mes recherches furent poursuivies en 1905, 1906, 1907, 1908 et 1909 en diverses parties de la forêt de Gérardmer, mais principalement dans un petit bois en terrain tourbeux qui se trouve dans ma ferme de Longemer, sur les épicéas duquel cette maladie est très répandue. Passant une partie de l'année dans cette ferme (de juin ou juillet, et parfois de mai à décembre), je pus ainsi suivre de mois en mois, pendant la période végétative, les diverses phases de la maladie, non seulement dans le même massif, mais souvent encore sur les mêmes arbres, et cela durant plusieurs années, car d'une année à l'autre il se produit parfois certaines variations. Aussi ai-je cru utile de décrire, d'après les notes que j'ai prises au fur et à mesure, les résultats de mes recherches, en indiquant les dates auxquelles elles se rapportent. J'ai réuni les observations faites dans un même mois, pour des années différentes.

En examinant, au courant de juin, les épicéas du petit massif dont je viens de parler, on constate que, sur les branches basses de quelques-uns d'entre eux, certaines aiguilles, appartenant principalement aux pousses de l'année précédente, sont intégralement d'un brun foncé, tandis que d'autres, insérées sur les pousses de deux, trois ou quatre ans, ont une teinte brune plus claire ou d'un vert jaunâtre, n'occupant qu'une partie de l'aiguille, le plus souvent une ou plusieurs zones circulaires. Ni sur les unes, ni sur les autres, on ne voit, à cette époque de l'année, trace de fructification. Mais, tandis que les premières sont munies à la base d'un anneau brun foncé, presque noir, les secondes en sont dépourvues. C'est là un caractère fondamental qui permet de distinguer les deux modes d'attaque, car pendant que les premières aiguilles restent adhérentes et ne tombent même pas en se desséchant, contrairement à ce qui a lieu pour les aiguilles saines d'épicéa, les autres se détachent, plus rapidement même

que ces dernières, sur un rameau séparé de la tige et abandonné à la dessiccation [1]. D'autres traits distinctifs s'observent entre ces deux catégories d'aiguilles. Tandis que celles qui sont munies de l'anneau basilaire sont bourrées de volumineux grains amylacés et que leur parasite fructifie sur le rameau en juillet et août, les autres renferment peu d'amidon ou même le plus souvent en sont dépourvues, et le *Lophodermium* n'y fructifie qu'au printemps de l'année suivante ou même deux ou trois ans plus tard, quand elles jonchent le sol. Les phases d'évolution sont donc différentes dans chaque catégorie et, pour éviter toute confusion, il convient de les décrire séparément. La maladie affectant donc deux formes bien tranchées, j'appellerai l'une, *forme α ou à aiguilles adhérentes*, l'autre, *forme β ou à aiguilles caduques*. Je décrirai d'abord la première.

## I

**Forme α de la maladie. — Aiguilles adhérentes, munies de l'anneau basilaire. — Fructifications sur le rameau.** — Les pousses de deux et même de trois ans portent aussi des aiguilles atteintes par le parasite à divers états de développement, d'où une assez grande complication pour en interpréter l'évolution. Afin de bien en rendre compte, je crois nécessaire de décrire l'état des aiguilles de divers âges aux différentes époques de la période végétative, depuis la fin de juin jusqu'en décembre. Dans cet exposé, je suivrai l'ordre des mois :

1) 25 JUIN 1908. — Dans les aiguilles de un an contaminées et très amylifères, les spermogonies débutent à peine. Pas encore trace de périthèces. Les aiguilles de deux ans infectées qui, toutes, ont perdu leur amidon, présentent les divers stades d'évolution, depuis celui où le parasite n'est pas encore fructifère jusqu'à celui où il porte des thèques mûres ou même vides. Ainsi les unes, outre les spermogonies, ont des périthèces en formation, réduites au stroma ou n'ayant encore produit que des paraphyses, d'autres ont des périthèces mûres; dans d'autres, les thèques ont disparu. Ce sont leurs spores qui, en mai, ont contaminé les aiguilles de un an. Enfin, on rencontre quelques

[1] En secouant une de ces branches dont les aiguilles sont à peu près desséchées, on fait tomber celles qui sont dépourvues d'anneau, tandis que les aiguilles à anneau demeurent adhérentes.

aiguilles de deux ans qui, bien que munies de l'anneau basilaire, paraissent stériles, car on n'y voit aucune trace de fructification.

2) 28 JUIN 1907. — Les aiguilles de un an contaminées sont d'un brun vif et remplies d'amidon. A la loupe, on aperçoit quelques points saillants : ce sont des spermogonies à leur début. Pas encore de périthèces en formation. Sur les pousses de deux ans, plusieurs aiguilles décolorées, à la face inférieure desquelles on distingue des périthèces dont quelques-unes sont d'un noir brillant et font saillie. Celles-là sont mûres. Dans leur intérieur on aperçoit les thèques et leurs spores filiformes, ondulées et tordues les unes sur les autres. Mais la plupart des aiguilles de deux ans portent des périthèces vidées, d'un noir mat, déjà dégradé. Les amas linéaires qu'elles forment sont munis, sur toute leur longueur, d'une fente médiane résultant de la déhiscence de ces organes. Non seulement ces aiguilles ne sont plus amylifères, mais leur parenchyme a disparu en grande partie.

3) 2 JUILLET 1906. — On détache une branche basse d'un épicéa d'une vingtaine d'années et l'on examine les aiguilles contaminées sur les pousses de différents âges.

*Pousse de un an.* — Les aiguilles portent de nombreuses ponctuations ou traits, ou même des taches noires, dues à des épanchements de résine et de tanin qui s'est ensuite oxydé, provenant de la réaction de l'organe contre l'attaque du parasite. Çà et là on voit de petites voussures. Ce sont des spermogonies en formation ou même formées, car de plusieurs d'entre elles, des spermaties s'échappent. Dans quelques aiguilles, la coloration brune du parenchyme est peu marquée. Dans d'autres, le contenu des cellules est brun, mais surtout les parois sont tapissées d'un revêtement interne de tanin oxydé. Pas encore trace de périthèces. Les cellules du parenchyme sont remplies de gros grains d'amidon sphériques, accolés les uns aux autres. Pour ce motif, les filaments mycéliens sont peu perceptibles. Ce n'est guère que dans les interruptions de tissu ou déchirures dues à la coupe qu'on distingue des filaments rares, fins et rectilignes.

*Pousse de deux ans.* — Les aiguilles présentent encore des taches noires, irrégulièrement disposées, mais moins nombreuses que celles de un an. Plus d'amidon, mais seulement de nombreux granules d'amylose, sous forme de plaquettes, de fines aiguilles, de corpuscules anguleux ou pulvérulents. Les spermogonies sont généralement vidées. Le parenchyme est moins brun que celui des aiguilles de un an, le tanin oxydé ayant été en partie lavé et entraîné par l'eau pluviale. Mycélium abondant, gros et sinueux. Pas de périthèces.

*Pousse de trois ans.* — Plusieurs aiguilles brunes et adhérentes. La coloration y est moins foncée que dans celles de deux ans et surtout que dans celles de un an. Les taches noires ont presque disparu ou sont bien effacées. Filaments mycéliens plus abondants, plus gros et plus sinueux que dans les aiguilles de deux ans. Cellules du parenchyme complètement vides et desséchées.

### Deuxième branche du même arbre

*Pousse de un an.* — Aiguilles remplies d'amidon. Sur l'une d'elles, des périthèces en formation, mais réduites aux paraphyses.

*Pousse de deux ans.* — Plusieurs aiguilles brunes et adhérentes, non amylifères et portant généralement des périthèces. *Dans l'une d'elles, cet organe est moins avancé que dans les aiguilles de la pousse de un an,* les paraphyses n'ayant pas encore paru.

*Pousse de trois ans.* — Ne porte pas d'aiguille atteinte.

### Troisième branche du même arbre

Il ne s'y trouve d'aiguilles munies de l'anneau basilaire que sur les pousses de un et de deux ans. Elles sont brunes, mais les premières seules sont amylifères. Quelques-unes sont munies, en divers points, de zones annulaires ou demi-annulaires brunes, dues à des épanchements de résine et de tanin oxydé. Ni dans les unes ni dans les autres, le parasite n'est encore fructifère.

### Quatrième branche du même arbre

Dans les aiguilles atteintes de un et deux ans, le parasite n'est pas fructifère. Sur la pousse de trois ans, une seule des aiguilles attaquées subsiste. Elle porte trois amas de périthèces. Celui qui se trouve à l'extrémité de l'aiguille est ouvert. Les thèques, encore alignées, sont généralement vides. Cependant quelques-unes renferment encore leurs spores. Dans les périthèces des observations précédentes, les thèques, vidées, n'étaient plus dressées ni alignées, mais confusément jetées les unes sur les autres.

4) 4 JUILLET 1906. — Sur les pousses de un an, les aiguilles brunies, bourrées d'amidon, portent de nombreuses taches noires, ponctiformes ou allongées, quelques-unes annulaires ou semi-annulaires, provenant d'épanchements de résine et de tanin oxydé dans l'épiderme, l'hypoderme et la partie avoisinante du parenchyme. Les aiguilles de deux ans sont d'un brun moins foncé. Leurs taches noirâtres ont en grande partie disparu, entraînées par l'eau pluviale. Certaines de ces *aiguilles de deux ans ne sont pas encore fructifères,* d'autres portent des périthèces bien apparentes, tandis que, sur d'autres d'un gris sale, ces organes sont vides. Toutes ont perdu leur amidon. On en remarque cependant quelques-unes, amylifères, sans fructification et brunes, comme celles de un an. De même que ces dernières, elles ont dû être contaminées au printemps, tandis que pour les autres aiguilles de deux ans, l'attaque remonte à l'année précédente.

5) 5 JUILLET 1907. — On examine une branche du milieu de la cime sur le même arbre. La plupart des aiguilles de un an sont brunes et portent des taches noires annulaires ou semi-annulaires. Elles sont

bourrées d'amidon, bien que les parois cellulaires soient déjà brunies par le tanin oxydé. Pas de périthèces, mais sur quelques aiguilles, des spermogonies à divers états de développement, en général naissantes et réduites au stroma, quelques-unes cependant renfermant des spermaties qui se détachent. Les filaments mycéliens fins, rares et rectilignes, noyés dans des masses de grains amylacés, ne s'aperçoivent guère que dans les déchirures du tissu. Les pousses de deux ans portent d'assez nombreuses aiguilles d'un brun plus pâle ou décolorées, n'ayant plus d'amidon, munies, presque toutes, de périthèces mûres, encore sporifères, tandis que dans d'autres aiguilles grises, le parenchyme est en voie de destruction. Leurs périthèces sont vides ou quand elles contiennent encore des thèques, celles-ci n'ont plus de spores.

6) 15 JUILLET 1907. — On examine trois rameaux. Les aiguilles de un an, atteintes en grand nombre et brunes, ne portent que quelques spermogonies naissantes. Dans celles de deux ans, les périthèces sont vides pour la plupart. Quelques-unes ont encore leurs thèques sporifères. Il en est de même pour celles de trois ans. *Parmi celles-ci on en remarque une brune, non amylifère et portant des périthèces encore réduites au stroma.* D'après les dimensions des chambres périthéciales, on reconnaît que ce ne peut être des spermogonies. La fructification était donc plus avancée que dans les aiguilles plus jeunes. L'attaque devait remonter à l'année précédente.

7) 15 AOUT 1907. — On examine de petits rameaux sur la branche qui a été l'objet de l'observation n° 2. Dans les aiguilles de un an, les périthèces qui n'étaient pas visibles le 28 juin, sont à un état assez avancé, bien qu'il n'y ait pas encore trace de thèques. Seules, les paraphyses sont formées, mais elles sont encore courtes et droites et n'ont par conséquent pas atteint toute leur longueur. Les aiguilles de deux ans ont leur parenchyme bruni, quoique parfois encore amylifère. Les périthèces sont vides. On a vu qu'au mois de juin, les aiguilles de deux ans à périthèces mûres n'ont généralement plus d'amidon. Il peut donc y avoir d'assez grandes variations dans les aiguilles de cet âge, relativement à la teneur en amidon et à l'évolution des périthèces, puisque sur certains rameaux, on trouve, en été, de ces aiguilles à périthèces vides et à parenchyme amylifère et, sur d'autres rameaux, des aiguilles où les périthèces sont réduites aux paraphyses et dont le parenchyme ne renferme plus d'amidon. Toutefois, ces cas sont exceptionnels.

8) 12 SEPTEMBRE 1907. — Les aiguilles de deux et trois ans portent des périthèces vides. Leur parenchyme est en voie de destruction. Les aiguilles de un an n'ont pas de périthèces, seulement quelques spermogonies et encore peu développées. Sur un autre rameau de cet arbre, les aiguilles de un an portent au contraire de nombreuses périthèces, bien saillantes, n'ayant encore cependant formé que des paraphyses. Plus d'amidon, mais beaucoup de filaments mycéliens. Il semble que leur développement inusité, à cette époque de l'année,

ait eu pour effet de faire disparaître l'amidon plus tôt que d'habitude. Ici encore on peut constater de grandes variations dans l'évolution du parasite. Tantôt les aiguilles de un an, examinées à la fin de l'été, n'ont ni périthèces ni presque de spermogonies, tantôt elles n'ont que des spermogonies, rares chez les unes, nombreuses chez les autres, tantôt elles sont munies des deux organes, les périthèces, toutefois, incomplètement formées.

9) 28 SEPTEMBRE 1906. — *Premier rameau.* — Il n'a pas formé de pousse de l'année. La dernière pousse, âgée par suite de un an, porte cinq aiguilles atteintes (brun clair), constellées de taches noires. Une seule porte deux files alignées de périthèces, réduites aux paraphyses. La pousse de deux ans ne porte qu'une seule aiguille contaminée, garnie également de deux files de périthèces dans le même état que les précédentes. Les pousses de trois et quatre ans portent des périthèces vides.

*Deuxième rameau.* — Deux aiguilles de un an sont atteintes. Elles portent spermogonies et périthèces. Les thèques ne sont pas encore formées. — Huit aiguilles de deux ans sont contaminées. *Six portent des périthèces un peu plus avancées que sur la pousse de un an.* Sur une aiguille de trois ans, brun clair, on remarque, en son milieu, une tache annulaire brune et à sa base l'anneau noir caractéristique. Les parois des cellules du parenchyme ont un revêtement intérieur brun. Le faisceau central est roux. Les cellules sont vides. Pas de périthèce. L'aiguille devait être atteinte depuis dix-huit mois au moins et cependant n'avait pas fructifié. — Deux aiguilles seulement de quatre ans sont munies de l'anneau basilaire. L'une porte deux files de périthèces vides, l'autre des spermogonies.

10) 24 SEPTEMBRE 1908. — On examine plusieurs branches basses. Peu d'aiguilles de un an sont atteintes. Leur coloration brune a un peu pâli depuis le printemps, à cause des pluies qui les ont lavées. Elles sont amylifères. Périthèces réduites aux paraphyses. — Les aiguilles de deux ans se distinguent à première vue des précédentes par leur teinte grise. La plupart des périthèces y sont vides et largement ouvertes. *Quelques aiguilles cependant ont encore leurs périthèces dans le même état que celles de un an:* paraphyses droites, n'ayant pas atteint leur longueur, car on aperçoit un léger intervalle entre leur extrémité supérieure et la voûte de la chambre périthéciale. Ces aiguilles de deux ans ne sont plus amylifères, ce qui les distingue de celles de un an. Toutefois, on en trouve une qui l'est encore, de même qu'on rencontre une aiguille de un an qui ne l'est plus. Mais ces deux cas sont exceptionnels. Enfin, dans quelques aiguilles de deux ans, le parasite n'est pas fructifère. Comme leur attaque remonte à l'année précédente et qu'elles n'ont même pas de spermogonies, on pourrait en conclure qu'elles resteront stériles; si d'assez nombreuses aiguilles de un an, qui fructifieront au printemps suivant, ne se trouvaient dans le même cas.

11) 25 SEPTEMBRE 1908. — Autre épicéa portant d'assez nombreuses branches basses, atteintes par le parasite. Les aiguilles de un an se distinguent de celles de deux ans par leur teinte encore légèrement brune et leur contenu amylacé. Les paraphyses des périthèces n'ont pas encore toute leur longueur. On observe à cet égard quelques différences suivant les aiguilles. Parmi celles-ci, il en est de brunes, ne portant que des spermogonies et d'autres qui n'ont ni périthèces ni spermogonies. Ces dernières ne sauraient être considérées comme devant toutes rester stériles, car les aiguilles de deux ans stériles sont rares. Les fructifications apparaîtront sans doute au printemps. Elles se trouveront ainsi, bien qu'appartenant à des aiguilles qui auront alors deux ans, sur le même pied que celles des aiguilles de un an (1). Comme ces dernières, elles ne formeront leurs spores qu'au printemps de l'année suivante, quand les aiguilles auront trois ans.

12) 13 OCTOBRE 1906. — Dans plusieurs aiguilles de un an, les périthèces sont encore réduites au stroma. Dans des aiguilles de trois ans, les périthèces se trouvent à un stade plus avancé, les paraphyses ayant commencé à se former. Plus d'amidon.

13) 20 OCTOBRE 1906. — Examen de diverses branches basses.

Aiguilles de un an. Presque toutes celles qui sont infectées portent deux ou trois files de périthèces à la face inférieure, de chaque côté de la nervure. Cependant on en voit quelques-unes dont les périthèces sont à la face supérieure, l'inférieure en étant dépourvue. Ce cas est très rare sur les aiguilles munies de l'anneau. Toutes ces aiguilles sont brunes extérieurement, mais tandis que les unes ont leur parenchyme uniformément brun et ne renfermant plus d'amidon, d'autres ont leur parenchyme encore vert et amylifère (2). Les périthèces ont atteint à peu près leurs dimensions, les paraphyses sont formées, mais sans avoir complètement acquis leur longueur. — Les aiguilles de deux ans ont un parenchyme brun, dépourvu d'amidon. Leurs périthèces sont, les unes, au même degré de développement que dans les aiguilles de un an, les autres un peu plus ou moins avancées. Aucune ne renferme de thèque. Les aiguilles à parenchyme vert et amylifère ont du reste extérieurement la même teinte que celles dont le parenchyme est brun, parce que, dans les deux cas, les cellules épidermiques et hypodermiques sont brunes. Ici, on ne saurait, de ce que les aiguilles ne sont plus amylifères, en induire, comme on serait en droit de le faire au printemps, que l'attaque date de l'année précédente, puisque certaines aiguilles de un an, ainsi qu'on vient de le voir, ne renferment plus d'amidon en automne, cette substance ayant

---

(1) Il y a donc des aiguilles de un an dans lesquelles le parasite ne forme pas de périthèces la première année. On les distingue de celles de deux ans à contamination tardive, par leur contenu amylacé.

(2) En général, le brunissement succède à la résorption de l'amidon. Cependant j'ai trouvé parfois des cellules entièrement brunes et encore amylifères. L'amidon, dans ce cas, semble n'avoir pu se résorber complètement, avant la nécrose du tissu.

été résorbée pour le développement des périthèces. Cependant, comme elle ne se rencontrait dans aucune des aiguilles de deux ans examinées, tandis que plusieurs aiguilles de un an en possédaient encore plus ou moins, on est autorisé à penser que l'infection remonte à une année.

14) 15 OCTOBRE 1907. — Rameaux provenant d'une branche voisine de celle qui a fait l'objet des observations n^os 2 et 7. Aiguilles de un an. Les paraphyses des périthèces, qui étaient courtes et droites à la date du 15 août, se sont allongées. Elles sont ondulées, flexueuses, la chambre périthéciale n'ayant pas assez de hauteur pour leur permettre de se maintenir rectilignes (1). Dans certaines de ces aiguilles, il n'y a plus ou presque plus d'amidon, mais dans d'autres, il y en a encore passablement, surtout aux environs des périthèces où il s'est accumulé.

15) 12 OCTOBRE 1906. — Épicéa de trente ans environ. Plusieurs branches basses et même un certain nombre de branches occupant le milieu de la cime sont atteintes des deux formes de l'infection. Les aiguilles de un an ne portent pas encore de périthèces, mais seulement des spermogonies dont quelques-unes ne commencent même qu'à se former. Ces aiguilles sont amylifères et brunes extérieurement. Mais, tandis que les unes ont un parenchyme incolore, la chlorophylle en ayant disparu et n'étant pas encore remplacée par du tanin oxydé, d'autres présentent un parenchyme brun, tout en renfermant de nombreux grains d'amidon noyés dans un contenu ocreux. Les aiguilles plus âgées sont décolorées. Elles diffèrent en outre des premières en ce que leur parenchyme ne renferme plus trace d'amidon, mais seulement de nombreux granules d'amylose provenant de sa destruction. Elles portent des périthèces vides pour la plupart. Leur parenchyme est en partie détruit.

16) 20 OCTOBRE 1906. — Autre épicéa. Pas d'aiguilles infectées sur les pousses de un an, beaucoup au contraire sur celles de deux ans. On en trouve aussi, mais en plus petit nombre, sur celles de trois ans et enfin quelques-unes sur celles de quatre ans. Or, dans presque toutes ces aiguilles, les périthèces se trouvent sensiblement au même état, c'est-à-dire portant des paraphyses parvenues à peu près à leur longueur, mais sans thèques apparentes. Aucune de ces aiguilles n'est amylifère.

17) 21 OCTOBRE 1906. — Autre sujet. Dans presque toutes les aiguilles de un an, les périthèces n'ont encore formé que des paraphyses. Beaucoup d'amidon. Un mois plus tard, on n'en trouve plus dans des aiguilles de cet âge, prises sur le même arbre.

---

(1) Cette chambre ayant à peu près la forme d'une lentille biconvexe, c'est principalement sur les bords qu'est faible la distance séparant le plancher de la voûte. Aussi les paraphyses qui s'y insèrent normalement sont-elles encore plus flexueuses dans cette région, et sont même obligées, pour se faire place, de creuser dans la voûte un sillon circulaire.

18) 10 NOVEMBRE 1904. — Aiguilles de un an décolorées, grises. Le plus grand nombre ne porte que des spermogonies; quelques-unes seulement ont, en outre, des périthèces, mais sans thèques. Le parenchyme, bourré de gros grains d'amidon, n'est pas coloré en brun. Filaments mycéliens, longs, rectilignes et minces. Les cellules épidermiques ne sont pas brunes, mais les stomates le sont. Les aiguilles de deux ans sont vides, leur parenchyme est détruit.

19) 22 NOVEMBRE 1907. — Sur certains rameaux, les aiguilles de un an ne portent que des spermogonies et pas de périthèces. Elles sont amylifères. Il en est de même, pour quelques aiguilles éparses, parmi les aiguilles saines, mais n'ayant aucune fructification. D'autres rameaux ont des aiguilles de un an munies de périthèces et de spermogonies. Les unes sont amylifères, les autres ne le sont plus. L'amidon a disparu depuis peu, car on distingue encore les contours arrondis, mais un peu effacés, de grains pâles, aplatis, ne formant pas relief. L'iode ne les colore plus. Parfois un rameau ne porte que des aiguilles ayant perdu leur amidon, tandis que toutes celles d'un rameau voisin ont encore le leur.

Le fait que les aiguilles sans fructification ou ne portant que des spermogonies sont amylifères, tandis que, parmi elles, d'autres pourvues de périthèces ne le sont plus parfois, prouve que l'amidon a été employé à la formation de ces organes. Le parenchyme de ces aiguilles amylifères est généralement incolore. Leur teinte brune est alors due à la coloration brun clair de la cuticule et parfois aussi de l'épiderme. Il peut arriver que le parenchyme des aiguilles amylifères soit brun aussi. Mais, en général, d'abord pâle, il ne se fonce qu'après la disparition complète de l'amidon. — On trouve sur ces branches quelques aiguilles de deux ans à périthèces vides et dont le parenchyme, quoique très brun, est encore amylifère.

20) 25 NOVEMBRE 1906. — Sur les pousses de un an qu'on examine, beaucoup d'aiguilles sont atteintes, mais ne portent pas de fructifications ou seulement des spermogonies, et alors le parenchyme est très amylifère et non coloré en brun. Filaments mycéliens rectilignes et fins. Sur d'autres aiguilles de même âge, on trouve des périthèces assez développées, munies de paraphyses longues et fluxueuses, mais sans thèques. Dans ce cas, l'amidon a disparu du parenchyme qui a bruni, les filaments mycéliens gros et sinueux ont apparu. Les aiguilles de deux ans munies de périthèces sont au contraire assez nombreuses. Aucune d'elles n'est amylifère. Filaments mycéliens gros et sinueux. Les périthèces sont en général plus développées que dans les aiguilles de un an, les paraphyses ayant atteint à peu près leur longueur. On ne voit cependant pas encore de thèques. Sur ces pousses de deux ans, on rencontre aussi des aiguilles brunes, non fructifères, mais munies de l'anneau. Elles sont amylifères, le mycélium y est fin et rectiligne. Leur attaque doit remonter à l'été.

21) 27 NOVEMBRE 1904. — Aiguilles de un an portant de nombreuses

périthèces. Mycélium abondant et sinueux. Nombreuses granulations d'amylose provenant de la destruction de l'amidon, destruction incomplète par places, car les grains qui s'y trouvent se colorent encore un peu par l'iode. C'est surtout au voisinage des fructifications qu'ils sont le plus abondants.

Le 25 septembre, le parenchyme était encore rempli d'amidon, bien qu'à cette époque les aiguilles saines d'épicéa n'en renferment habituellement presque plus.

22) 1er décembre 1907. — Dans la plupart des aiguilles de deux ans, les périthèces ont disparu. Leur parenchyme n'est pas détruit. Les cellules renferment des granules d'amylose plus ou moins anguleux. En quelques places cependant, ils sont encore arrondis, serrés les uns contre les autres; mais, à part quelques-uns qui se colorent encore un peu par l'iode, ce réactif n'a plus d'action sur eux. Dans plusieurs aiguilles, la destruction de l'amidon est moins complète. D'autres portent des périthèces réduites aux paraphyses, comme les aiguilles de un an. Enfin quelques-unes ne sont pas fructifères. — Beaucoup d'aiguilles de un an portent des périthèces n'ayant encore formé que des paraphyses. Un certain nombre n'ont que des spermogonies ou même aucun organe fructifère. Le parenchyme est très amylifère, surtout au voisinage des périthèces, même dans les endroits où il est brun.

23) 5 décembre 1905. — On examine des aiguilles de un an, munies de périthèces et de spermogonies. Dans le parenchyme environnant les premières, l'amidon dégradé n'est plus représenté que par des plaquettes et des granulations d'amylose. Dans celui qui entoure les spermogonies, les grains amylacés ont conservé leur forme et leurs dimensions. Il semble que, pour se développer, les périthèces ont consommé plus d'amidon que les spermogonies.

24) 13 décembre 1904. — Aiguilles de un an. Périthèces réduites aux paraphyses. Plus d'amidon. On distingue deux sortes de filaments mycéliens : les uns minces et rectilignes comme ceux que l'on voit au printemps dans les aiguilles récemment contaminées, les autres gros et sinueux, comme on les aperçoit dans les aiguilles de deux ans. Une autre aiguille n'est pas fructifère et renferme beaucoup d'amidon.

## II

Les observations précédentes peuvent être résumées et interprétées ainsi qu'il suit :

1° Le *Lophodermium macrosporum* n'attaque que les aiguilles à végétation plus ou moins affaiblie. Celles de l'année ne parasi-

sent jamais atteintes par le parasite [1]. Celles de un an le sont, sur les branches basses principalement et en nombre très variable, presque toujours au début du printemps, époque de l'année où les feuilles d'épicéa, comme celles de sapin, renferment le plus d'amidon. L'aiguille est envahie promptement, en toutes ses parties. Telle est la cause pour laquelle elle conserve intégralement sa substance amylacée, celle-ci n'ayant pas eu le temps de se résorber [2]. Contre cette attaque rapide du champignon l'organe réagit par la formation, à son extrémité inférieure, d'un épanchement de résine et de tanin. C'est là l'origine de l'anneau basilaire qui sert de critérium pour distinguer les aiguilles destinées à rester adhérentes de celles qui se détacheront avant fructification. Outre cet anneau, l'aiguille réagit encore, sur divers points de sa surface, pendant la progression du mycélium, par d'autres épanchements de résine. De là ces ponctuations, taches, zones annulaires et demi-annulaires noires ou d'un brun foncé qu'on remarque sur son contour.

Après l'attaque, le tanin de l'aiguille s'oxyde bientôt, en commençant par les tissus périphériques : cuticule, épiderme et hypoderme, stomates et parenchyme avoisinant. Au commencement de juin, elle est brune, mais seulement à l'extérieur. Peu à peu, dans le courant de l'été, ce brunissement envahit les tissus internes, à mesure que disparaît l'amidon consommé par le champignon. Généralement on n'en voit plus à l'entrée de l'hiver.

---

(1) Cette immunité semblerait devoir être attribuée à ce que les bourgeons d'épicéa ne s'ouvrent, dans les Hautes-Vosges, à l'altitude de 750 ou 800 mètres, qu'à la fin de mai ou au commencement de juin, alors que les spores de *Lophodermium macrosporum* sont déjà dispersées. Mais si le premier printemps est l'époque de leur grande dissémination, on a vu que toutes ne sont pas mises en liberte avant le mois de juin, puisque, dans le courant de ce mois ainsi qu'en juillet, on trouve encore, assez rarement, il est vrai, des perithèces en pleine maturité. Les spores qu'elles émettent pourraient donc contaminer les aiguilles naissantes ou récemment développées. Or, aucune ne paraît l'être. Cependant il ne faudrait pas affirmer que les aiguilles de l'année ne sont jamais attaquées. Il pourrait arriver qu'une aiguille recélât quelques filaments germinatifs, arrêtés provisoirement dans leur évolution, par suite de la vigoureuse végétation de l'organe et sans qu'aucune modification extérieure en révélât la présence. On verra plus loin des exemples de ce fait fournis par la forme à feuilles caduques de la maladie.

(2) On pourrait attribuer cette persistance de l'amidon à la présence de l'anneau basilaire qui, par suite de l'épanchement de résine dans le faisceau central, s'opposerait à sa migration, si l'on n'avait, par l'examen des aiguilles de sapin qu'atteint le *Lophodermium nervisequum*, la preuve que cette hypothèse ne peut être admise. Ces aiguilles, en effet, sont bourrées de volumineux grains d'amidon, comme celles d'épicéa et cependant elles n'ont pas d'anneau.

A la fin de juin, aucun organe de fructification n'apparaît encore sur les aiguilles de un an, sauf parfois quelques spermogonies à leur début. Celles-ci achèvent de se développer en été. Les périthèces ne commencent à se montrer que plus tard, dans les mois de juillet et d'août. Leur évolution est assez lente, car à l'arrière-automne, elles sont le plus souvent réduites aux paraphyses qui n'ont même pas atteint toute leur longueur; parfois même ces dernières ne sont pas encore apparentes. Quant aux thèques, elles ne se forment qu'au printemps suivant.

2° Examinées au mois de juin, les pousses de deux ans ne portent généralement, intercalées aux aiguilles saines, que des aiguilles d'un brun très clair, ou même décolorées et grises. Dans ces aiguilles, les périthèces ont perdu leurs thèques ou, quand celles-ci subsistent, elles sont vides de leurs spores et en voie de destruction. Ce sont ces spores qui, en se disséminant en mai, ont infecté les aiguilles de un an.

Parfois cependant, aux mois de juin et de juillet, certaines aiguilles de deux ans, ayant perdu leur amidon, portent des périthèces renfermant encore des spores. Leur infection remonte au printemps de l'année précédente, comme celle des aiguilles à périthèces vides. La maturation a seulement été un peu retardée. La contamination peut aussi s'être produite quelques semaines plus tard, en juin ou au commencement de juillet de la précédente année, par des spores retardataires. Mais il est d'autres aiguilles de deux ans, également sans amidon, dans lesquelles les périthèces sont encore peu développées en été. Deux cas sont alors à distinguer :

*a*) Les périthèces sont plus avancées que dans les aiguilles de un an où elles sont encore rudimentaires. La contamination est alors *estivale,* s'étant effectuée aux mois de juillet ou d'août de l'année précédente, et les périthèces ont commencé seulement à apparaître en automne. L'observation n° 9 (deuxième rameau) renferme un exemple de ce cas ;

*b*) Les périthèces ne sont pas plus, et sont parfois moins avancées que dans les aiguilles de un an. L'infection remonte alors à l'automne précédent. A l'entrée de l'hiver, le brunissement avait à peine débuté et aucune trace de périthèce n'était encore visible. Ce cas, assez rare et dont les observations ci-

dessus, n° 3 (2e branche; pousse de deux ans), nos 4, 6 et 10 fournissent des exemples, correspond à la deuxième forme de Hartig (celle d'Eberswald). Il sera spécialement examiné dans un chapitre ultérieur.

Dans le mois de juillet, les aiguilles de deux ans peuvent donc présenter les degrés d'infection suivants :

1. Périthèces naissantes. Contamination récente (mai ou juin), comme dans les aiguilles de un an.

2. Files de périthèces aplaties, d'un noir mat, creusées d'un sillon longitudinal. Voûte périthéciale béante. Asques vides et bouleversées. Contamination du mois de mai de l'année précédente.

3. Files de périthèces bombées, d'un noir brillant, sans sillon. Asques remplies. Spores prêtes à se disséminer. Contamination remontant au mois de juillet de l'année précédente.

4. Files de périthèces d'un noir brillant, mais ne formant que de légères et minces saillies. Paraphyses assez développées. L'infection s'est produite en août ou en septembre de l'année précédente.

5. Périthèces peu visibles à l'extérieur, réduites encore au stroma ou commençant seulement à former leurs paraphyses. Infection remontant au mois d'octobre ou de novembre.

6. Absence de périthèces et de spermogonies. Stérilité. Aiguilles atteintes l'année précédente, sans qu'il soit possible d'en préciser l'époque.

Les aiguilles de la première catégorie sont brunes, très amylifères; les autres sont grises et n'ont plus d'amidon.

Au mois d'octobre, dans chacune des catégories précédentes, les périthèces sont un peu plus avancées. Ainsi les aiguilles de l'année sont encore un peu amylifères, surtout au voisinage de ces organes, mais les paraphyses n'ont pas encore toute leur longueur, car elles sont droites et parfois même ne touchent pas la voûte de la chambre périthéciale. Parmi les aiguilles de deux ans qui ont perdu leur amidon, les unes ont des périthèces vides, les spores s'étant disséminées au printemps ou au début de l'été. Dans les autres, les périthèces ont des paraphyses ondulées, par suite de l'insuffisance de hauteur de la cavité qui les renferme, ce qui indique qu'elles ont atteint leurs dimensions. La contamination remonte alors à l'été précédent. Mais ni dans les unes ni dans les autres, on ne voit trace d'asques.

Il semblerait que, sans la faire remonter à l'année précédente, la contamination des aiguilles de deux ans pourrait s'expliquer

par une attaque produite à l'automne de l'année courante, époque où les aiguilles saines ne sont plus amylifères [1]. Pour deux raisons, il ne saurait en être ainsi : d'abord les périthèces de ces aiguilles seraient moins développées que celles de un an, puisque l'attaque aurait été plus récente, tandis qu'elles le sont, au contraire, davantage. Ensuite il faudrait qu'on rencontrât des périthèces mûres dans le courant de septembre, ce qui n'est pas, les aiguilles adhérentes terminant en août la dissémination des spores de leur parasite. La contamination pourrait, il est vrai, provenir des spores émises par les périthèces des aiguilles caduques de la forme β, dans lesquelles la maturation se poursuit parfois jusqu'en automne, comme on le verra plus loin, mais ce cas est fort rare. C'est donc bien au mois de juillet de l'année précédente qu'a eu lieu l'attaque de ces aiguilles de deux ans, alors qu'elles n'avaient qu'une année. On se rend ainsi compte de la cause pour laquelle certaines aiguilles de un an ont, à l'automne, leurs périthèces moins développées que d'autres. Entre cette époque et l'hiver, l'amidon disparaît. Ces aiguilles se présentent donc au printemps suivant dépouillées de cette substance; ce qui expliquerait, par suite d'insuffisance de nutrition, la lenteur du développement des organes fructifères sur les aiguilles attaquées tardivement.

En somme, les diverses phases de la maladie sont les suivantes :

Les aiguilles de un an sont infectées, au mois de mai, par les spores que portent les aiguilles de deux ans. Les spermogonies s'y développent à la fin de juin, ainsi que dans le courant de juillet et d'août. Les périthèces commencent à se former dans ces derniers mois et s'accroissent en septembre. A partir d'octobre, leur état ne varie plus guère jusqu'au printemps suivant, où apparaissent les thèques avec leurs spores. Les aiguilles ont alors deux ans. Mais toutes ne mûrissent pas leurs périthèces au début du printemps. Chez quelques-unes, retardataires, la maturité n'arrive que deux ou trois mois après. Leurs spores contaminent alors, dans le courant de l'été, un certain nombre d'aiguilles de un an. Pour ces dernières, la formation des organes reproducteurs retarde sur celle qui se présente dans le plus grand

---

[1] Je rappelle que les aiguilles de deux ans sont parfois atteintes au printemps par le parasite, mais le cas est fort rare, et toujours, quand il se présente, ces aiguilles renferment beaucoup d'amidon, comme celles de un an qui viennent d'être infectées.

nombre des aiguilles de cet âge. Il peut même arriver qu'elle ait à peine ou n'ait pas commencé à l'entrée de l'hiver. Ce n'est qu'au printemps suivant qu'elle reprend, se trouvant ainsi en retard sur les aiguilles de deux ans dont les asques se vident, mais en avance, de fort peu parfois, sur celles de un an qui viennent seulement d'être contaminées. Cette avance se poursuit jusqu'en automne, trop faible cependant pour que la maturation puisse se produire à cette époque. Cette maturation se trouve alors retardée jusqu'au printemps suivant, comme pour les aiguilles de un an.

Selon l'époque de la contamination, on peut donc distinguer quatre cas dans l'allure de la maladie :

1° L'attaque des aiguilles de un an a lieu en mai et la maturation des périthèces au mois de mai de l'année suivante. Durée de la maladie : une année. C'est le cas général.

2° La dissémination des spores est retardée de quelques semaines. L'attaque se produit alors en juin ou au commencement de juillet et la maturation s'effectue dans le courant de l'été suivant. Durée de la maladie : encore un an.

3° La maturation est retardée jusqu'à la fin de juillet ou au commencement d'août. Une aiguille est contaminée à cette époque. Les périthèces ne commencent à s'y former qu'au mois de septembre ou d'octobre, pour se développer dans le courant de la deuxième année, mais ne parvenir à maturité qu'au printemps de la troisième [1]. Durée de la maladie : vingt à vingt-deux mois.

4° Parfois l'infection ne se produit qu'à la fin de l'été ou en automne, par des spores provenant des aiguilles détachées et gisant sur le sol (appartenant à la forme β). Les périthèces ne se forment que dans l'été suivant et la maturation au printemps de la troisième année, comme dans le cas précédent. La durée de la maladie est alors de vingt mois environ.

J'ai fait remarquer que l'immunisation des aiguilles de l'année n'est peut-être pas aussi absolue qu'on serait tenté de le croire, en ne voyant sur aucune d'elles des signes apparents de contamination et que celle-ci pourrait, dans certains cas, être latente.

[1] Cette particularité d'infection caractérisée par la présence d'une part, en automne, dans des aiguilles de un an, de périthèces encore rudimentaires, parfois même réduites au stroma, d'autre part en été dans des aiguilles de deux ans, de périthèces assez développées, quoique encore dépourvues d'asques, n'a pas été signalée par Hartig, pas plus d'ailleurs que celle qui fait l'objet de la 2e rubrique.

On ne saurait toutefois méconnaître qu'elles offrent à l'extension du parasite un terrain peu favorable. On sait qu'il en est autrement pour le *Chrysomixa Abietis*. Ce sont au contraire les aiguilles de l'année qui seules sont atteintes par ce parasite. Mais si le *Lophodermium macrosporum* n'attaque jamais, d'une manière apparente, tout au moins, les feuilles de l'année, c'est tout à fait exceptionnellement qu'il pénètre dans celles de deux ans et au delà. Dans ce cas, ces dernières renferment beaucoup d'amidon, ce qui les distingue des aiguilles de même âge, contaminées alors qu'elles n'avaient qu'un an et qui, dès la seconde année, ne sont plus amylifères [1].

Si, par suite de la disparition de l'amidon dans les aiguilles de deux ans, on est certain que la contamination remonte à l'année précédente, il en est encore de même pour les très rares aiguilles de trois ans qu'on rencontre en été, portant des périthèces en évolution. On est sûr que, dans ce cas, l'attaque a eu lieu exceptionnellement, au courant de l'été précédent, alors qu'elles n'avaient que deux ans.

J'ai aussi appelé l'attention sur ce fait que, dans les premiers mois qui suivent l'attaque et en général, tant que l'aiguille renferme de l'amidon, le mycélium est fin, rectiligne et assez rare, mais qu'ensuite, vers l'automne, alors que l'amidon est en partie consommé, de nouveaux filaments apparaissent plus nombreux, plus gros et sinueux. Il est probable que ce changement est dû à la consommation d'amidon faite par le parasite à la fin de la saison végétative, en vue de la formation de ses organes reproducteurs et en particulier de ses périthèces. C'est en effet au voisinage de celles-ci qu'en automne on le trouve surtout accumulé, alors qu'il a disparu ou du moins notablement diminué dans le reste du parenchyme.

## III

**Forme β de la maladie. — Aiguilles caduques sans anneau basilaire. — Fructification sur le sol.** — J'ai fait remarquer que, parmi les aiguilles atteintes par le *Lophodermium macrosporum*

---

[1] La présence de l'amidon dans les aiguilles, pour s'assurer si elles ont été infectées l'année même ou l'année précédente, est un critérium aussi sûr que l'est la présence de l'anneau pour reconnaître la forme de l'affection. Sauf de très rares exceptions, les

et qui, dès le mois de juin, sont entièrement brunes et pourvues d'un anneau basilaire, il s'en trouve, sur les pousses de un, deux et trois ans, quelques autres qui se distinguent par l'absence de cet anneau. D'autres caractères encore les différencient. Leur coloration d'un vert jaunâtre les fait remarquer parmi les aiguilles saines qui les entourent. Cette coloration n'est généralement pas homogène. Tantôt ce sont des zones annulaires jaunes, séparées entre elles par d'autres d'un vert normal, tantôt des zones brunes alternant avec des zones verdâtres, tantôt enfin l'extrémité ou la base seules de l'aiguille sont décolorées. On aperçoit aussi à sa surface quelques taches noirâtres irrégulières ou annulaires dues à des épanchements de résine, ainsi qu'en portent les aiguilles à anneau, ou bien de petits cercles d'un brun foncé, indiquant les points d'attaque du parasite. Les signes distinctifs internes ne sont pas moins nets. L'aiguille a perdu complètement ou une grande partie de son amidon. De plus, au début tout au moins de la maladie, on ne trouve de mycélium qu'au niveau des taches brunes dont il vient d'être parlé. Encore faut-il l'y chercher avec soin, car le plus souvent on n'aperçoit que quelques filaments mycéliens dans la chambre sous-stomatique et le parenchyme avoisinant. Ils sont assez gros et sinueux, tandis que ceux qu'en juin et juillet on voit disséminés dans les aiguilles de la forme $\alpha$, sont, comme je l'ai déjà dit, minces et rectilignes, ne perdant ces caractères que plus tard, à mesure qu'ils se développent aux dépens de l'amidon. Ces aiguilles dont la maladie est moins avancée que celle des aiguilles munies d'un anneau, se rencontrent éparses parmi ces dernières ou parmi les aiguilles saines, sur les pousses de un et deux ans, mais ce sont des pousses plus âgées qui surtout les portent. Un certain nombre de ces feuilles meurent déjà au printemps ou dans le courant de l'été et leur teinte passe alors au brun pâle ou au gris. Une légère secousse imprimée au rameau les fait tomber. Aussi les

---

aiguilles attaquées au printemps ou en été perdent en effet leur amidon avant l'hiver, en tout cas avant le printemps suivant. C'est pour n'avoir pas remarqué cette particularité que R. Hartig a cru que les aiguilles de deux ans et plus peuvent être atteintes, comme celles de un an. Dans le grand nombre d'observations que j'ai faites, il ne m'est arrivé que deux ou trois fois de constater la présence de l'amidon dans des aiguilles de deux ans contaminées. Les aiguilles de cet âge et au delà sont donc réfractaires à la contamination (forme $\alpha$), mais par contre, lorsqu'elles sont peu vigoureuses, elles ont une réceptivité bien marquée pour la contamination, sous sa forme $\beta$.

pousses sur lesquelles elles se trouvaient sont-elles fort dégarnies. L'atteinte de ces aiguilles par le parasite remonte souvent à une date assez éloignée. Tandis que, au printemps, les aiguilles pourvues d'un anneau sont tuées assez rapidement par le parasite qui les envahit entièrement et brunissent aussitôt, celles qui n'ont pas d'anneau, ne périssent que lentement. Il s'écoule plusieurs mois et parfois plusieurs années entre l'attaque et la chute. Pendant tout l'été, le mycélium, d'abord cantonné dans quelques régions stomatiques, fait peu de progrès. Il semble que l'organisme lutte contre lui et l'empêche de s'étendre, mais quand l'activité végétative se ralentit, au commencement de l'automne, ou même l'année suivante, le parasite devient prépondérant. Le mycélium progresse alors avec rapidité. Les zones annulaires qui d'abord n'étaient que vert-jaune ou brun-roux, brunissent; celles qui, parmi ces dernières, étaient restées vertes, jaunissent à leur tour. L'aiguille alors est couverte de bandes annulaires, alternativement brunes et jaunâtres ou même brunes, jaunâtres et vertes.

Pendant tout l'été, un certain nombre d'aiguilles se détachent du rameau, mais c'est en octobre et en novembre qu'a lieu la période de grande chute, en même temps que se manifeste une nouvelle contamination, ce qu'on reconnaît au jaunissement des feuilles, surtout à leur extrémité.

Les périthèces peuvent apparaître, quoique exceptionnellement, à la fin de l'automne, sur les aiguilles caduques, avant leur chute, comme je l'ai constaté en 1898. Peut-être aussi, dans les automnes doux, s'en forme-t-il parfois en cette saison, puisque j'ai pu en obtenir sous cloche, en chambre non chauffée. Mais, même dans ces deux cas, elles demeurent réduites aux paraphyses jusqu'au printemps suivant. Le plus souvent, c'est seulement au mois de mai que se développent ces organes. La maturation s'effectue en juillet et en août, parfois même en septembre. Si donc la dissémination des spores commence plus tôt (mois de mai) dans les aiguilles adhérentes, pour finir en août, elle se prolonge plus tard dans les aiguilles caduques et comme les spores provenant de ces deux sortes de feuilles peuvent donner indifféremment naissance à l'une ou à l'autre forme d'infection, suivant la constitution des aiguilles dans lesquelles elles apparaissent, on peut regarder la contamination comme se produisant

au printemps (spores des aiguilles adhérentes), en été (spores des aiguilles adhérentes et des aiguilles caduques), en automne (spores des aiguilles caduques seulement), c'est-à-dire pendant presque toute la durée de la saison végétative.

Ce sont ces faits que mettent en évidence les observations suivantes, faites sur un rameau portant à la fois des aiguilles munies de l'anneau et d'autres en étant dépourvues. Il ne sera question que de ces dernières.

15 JUILLET 1905. — On recueille une branche basse sur un épicéa d'une vingtaine d'années. Elle présente les caractères suivants : les aiguilles de l'année sont d'un vert clair, dû à leur jeune âge, celles de un an sont d'un vert plus foncé, normal ; celles de deux ans ont une teinte vert jaunâtre qui, de suite, les fait remarquer. Enfin, celles de trois ans sont légèrement brunes ; entre ces dernières, on voit quelques lacunes indiquant que plusieurs aiguilles de cet âge sont déjà tombées. Les aiguilles de deux et de trois ans sont contaminées.

On place cette branche dans une boîte à herborisation, pour la soumettre à une dessiccation lente. Quinze jours après, les feuilles de l'année sont plus fanées et sont restées moins vertes que celles de un an. Celles de deux et trois ans ont sensiblement bruni, quoique la teinte vert jaunâtre n'ait pas entièrement disparu. Sur cette branche étaient insérés plusieurs petits rameaux secondaires. Les avant-dernières pousses de quelques-uns d'entre eux, datant de 1903, étaient garnies d'aiguilles d'un vert jaunâtre (aucune pousse ne s'était formée en 1905), tandis que pour d'autres, c'était les feuilles des dernières pousses, développées aussi en 1903, qui avaient cette coloration. Leurs bourgeons ne s'étaient ouverts ni en 1904 ni en 1905. Toutes ces aiguilles renfermaient du mycélium. Après avoir séjourné dans la boîte, elles brunirent comme celles du rameau principal.

Je viens de dire que les feuilles de 1902 et de 1903 renfermaient des filaments mycéliens, mais tandis que celles de 1903 n'en avaient guère que dans les régions stomatiques, celles de 1902 en renfermaient en outre, quoique en moindre quantité, dans d'autres parties du chlorenchyme. L'amidon s'était confiné dans le parenchyme avoisinant les stomates, par suite d'un appel du parasite et d'une défense de l'organe.

Il était intéressant de s'assurer si les aiguilles de un an (1904), bien que paraissant indemnes, d'après leur coloration, qui était restée normale, n'étaient pas elles-mêmes parfois contaminées. On procède à cette recherche et l'on trouve qu'en certaines parties, rares, il est vrai, et très limitées, les stomates ont un contenu brun, mais moins foncé que dans les aiguilles de deux ans et surtout que dans celles de trois ans. Après deux semaines de séjour dans la boîte, les cellules voisines de ces points d'attaque renferment encore de nombreux grains d'amidon, alors que le reste du tissu en est dépourvu. *Dans quelques cham-*

*bres sous-stomatiques et dans le parenchyme voisin, on aperçoit de courts filaments mycéliens.* Sur quelques points, se remarquent des taches brunes provenant de la nécrose de tous les éléments avoisinant les stomates et de leur imprégnation par la résine. Dans le parenchyme entourant ces taches, passablement d'amidon. Le parasite s'était donc introduit par la voie des stomates, avait mortifié les éléments rapprochés de ses filaments germinatifs, mais trouvant une résistance de la part des cellules situées un peu au delà, dont l'alimentation était soutenue par l'apport d'amidon que leur envoyait l'organe, il s'était arrêté, attendant que l'activité végétative du tissu eût diminué, à la suite d'insuffisance nutritive. On a là un exemple de la lenteur avec laquelle progresse souvent le mycélium. Après que la spore a pénétré dans une aiguille et y a germé, il peut y séjourner plusieurs mois, sans qu'aucun signe extérieur en décèle la présence. L'année suivante, il se développe un peu plus, la teinte verte passe alors au vert jaunâtre et c'est seulement la troisième année que l'organe, complètement envahi, brunit. De ce que les feuilles de l'année ne semblent pas atteintes, on ne saurait donc induire qu'elles ne le sont pas. C'est ce qui explique pourquoi j'ai eu plusieurs fois l'occasion de constater que des aiguilles de l'année qui, pendant tout l'été, n'avaient présenté aucun signe apparent de contamination, devenaient jaunâtres en automne.

15 SEPTEMBRE 1905. — Les aiguilles à anneau basilaire se trouvent exclusivement sur les pousses de 1904, tandis que les autres se rencontrent sur celles de 1903, où elles ne sont que légèrement brunes ou d'un vert jaunâtre et en plus grand nombre sur celles de 1902 : leur teinte est alors brun clair (1). Dans toutes ces pousses, les aiguilles atteintes sont intercalées à des aiguilles saines. Aucune fructification n'apparaît sur les aiguilles sans anneau. Elles n'ont plus d'amidon ou n'en ont qu'un peu dans la région des stomates. Leurs filaments mycéliens sont nombreux, gros et sinueux. Tel est l'aspect extérieur de ces aiguilles; je passe à l'examen de leur structure interne. En voici le résultat pour quelques-unes :

*a*) La pointe de l'une d'elles, d'un brun assez foncé, ne renferme plus d'amidon. Les cellules, presque vides, sont colorées en brun. Le mycélium y est abondant, la zone verte, qui fait suite, renferme d'assez nombreux grains amylacés, mais en voie de destruction. On aperçoit très nettement des filaments traversant l'ostiole des stomates, se répandre, en se divisant, dans la chambre sous-stomatique et le parenchyme voisin. Le contenu de ces stomates n'est pas encore brun. La zone brun clair qui succède à la zone verte ne renferme plus d'amidon que dans les régions stomatiques (stomates, cellules de l'épiderme et du chlorenchyme avoisinant). Le contenu des stomates a bruni. Mycélium, non plus seulement dans le voisinage des stomates, mais aussi à une certaine

(1) Les aiguilles appartenant à la forme de la défoliation n'ont, à aucun moment, une coloration brune aussi foncée que celles de la première forme, au début de l'infection, probablement parce que, ayant une activité végétative moindre, elles renferment moins de tanin.

distance, dans le chlorenchyme, quoiqu'il y soit encore assez rare. L'amidon disparaît en partie, à mesure que se développe le mycélium.

*b*) D'autres aiguilles jaune pâle ou brun clair portent quelques ponctuations noirâtres. Ce sont les points d'attaque. Le contenu des cellules y est brun foncé. Pas de granulations. Dans les zones jaune pâle ou brun clair, quelques globules oléagineux. Le mycélium y est moins abondant que dans les ponctuations brunes.

*c*) Certaines aiguilles présentent une autre combinaison de teintes. En voici une, à partir de l'extrémité de l'organe : zones jaune pâle, vert normal, jaune pâle, vert normal, jaune, vert clair. Des filaments mycéliens se remarquent, même dans la zone d'un vert normal, mais sans dépasser le voisinage des stomates.

Si, en général, il se trouve plus d'aiguilles contaminées sur les pousses de trois et quatre ans que sur celles de un et deux ans, c'est parce que, chaque année, le parasite en attaque quelques-unes qui s'ajoutent à celles déjà atteintes, et aussi parce que les aiguilles ont d'autant plus de réceptivité pour le parasite qu'elles sont plus vieilles et que leur végétation est plus affaiblie. Au contraire, les pousses âgées de plus de trois ou quatre ans peuvent avoir moins d'aiguilles attaquées, car elles en ont déjà perdu quelques-unes.

Le fait que les aiguilles à anneau se remarquent principalement sur les branches basses prouve que le parasite ne parvient à se propager que dans les feuilles à végétation peu active. Les aiguilles sans anneau appartiennent à des pousses plus âgées ou à des sujets de végétation encore plus affaiblie. C'est ainsi que, à l'automne, on voit sur les branches basses des épicéas de lisière, pendre des rameaux secondaires garnis de feuilles entièrement jaunes ou brunes ou présentant des zones ayant alternativement ces colorations. Le contenu du parenchyme, ainsi que celui des cellules épidermiques et hypodermiques, est alors brun. Je vais décrire quelques-unes de ces branches appartenant à un arbre situé en terrain tourbeux et dont la croissance était assez lente.

21 SEPTEMBRE 1906. — *Pousses de l'année.* — Les aiguilles d'un vert pâle ne sont plus amylifères, ce qui est d'ailleurs normal à cette époque. Les cellules du chlorenchyme ne renferment que des globules oléagineux assez rares et de fines granulations d'amylose provenant de la désagrégation de l'amidon. Aucune d'elles ne porte de partie brune. On n'aperçoit pas de mycélium.

*Pousses de un an.* — Aiguilles jaunâtres à la partie terminale, d'un vert clair à la base. Pas de partie brune, pas de mycélium.

*Pousses de deux ans.* — L'aspect est à peu près le même, sauf pour quelques aiguilles dont le sommet est brun. On y voit du mycélium.

*Pousses de trois ans.* — Beaucoup d'aiguilles ont l'extrémité brune, renfermant du mycélium. Quelques-unes se détachent et les nombreux vides qu'on remarque sur ces pousses indiquent que, antérieurement, beaucoup d'autres sont tombées.

*Pousses de quatre ans.* — La plus grande partie des feuilles ont disparu. Celles qui subsistent ne paraissent pas attaquées.

Sur un rameau appartenant à un autre arbre, les plus jeunes pousses portent de nombreuses aiguilles atteintes à divers degrés ; mais elles ne sont pas de l'année, ainsi que cela arrive souvent pour les branches de végétation défectueuse qui restent parfois longtemps sans ouvrir leur bourgeon terminal. Les pousses de deux ans ont perdu une partie de leurs aiguilles. Celles de quatre ans en ont perdu encore davantage. Il en reste quelques-unes, brunes et sèches, prêtes à tomber et d'autres qui ont l'extrémité brune, mais sont encore adhérentes.

Dans une autre branche, toutes les aiguilles de un à trois ans ont bruni. Elles adhèrent sur les pousses de un an, mais plusieurs sont tombées sur les pousses de deux ans, et en nombre encore plus grand sur celles de trois ans. Les aiguilles qui restent renferment du mycélium, mais plus d'amidon. Sur les pousses de un an, elles ont une teinte brune plus claire que sur celles de deux et trois ans, indice que ces dernières ont été atteintes l'année précédente ou même deux années auparavant.

Sur un autre rameau, les aiguilles de un an sont d'un vert pâle, tantôt à l'extrémité, tantôt à la base, le reste de l'organe étant formé de zones brun clair, entremêlées de zones brun foncé. Les premières de ces zones n'ont pas toutes du mycélium, mais les secondes en renferment toujours, parce que l'attaque y est de plus ancienne date. Ni les unes ni les autres ne sont amylifères. Parmi les aiguilles de deux ans, une partie s'est détachée. Celles qui subsistent sont plus brunes que les aiguilles de un an ; celles de trois ans, restées adhérentes, sont encore moins nombreuses et plus brunes. Sur les pousses de quatre ans, elles sont toutes tombées.

*Autre rameau.* — Pousses de un an. Pas d'aiguilles atteintes. — Pousses de deux ans. Quelques aiguilles commencent à brunir, mais aucune n'est tombée. — Pousses de trois ans. Aiguilles brunes dont plusieurs se sont détachées. — Pousse de quatre ans. Presque toutes les feuilles ont disparu.

Les observations précédentes montrent que l'attaque, sous la forme β, a lieu généralement sur les aiguilles de deux et trois ans, très rarement sur celles de un an, mais que l'envahissement du parasite étant fort lent, en général, elles peuvent rester plusieurs années encore, fixées au rameau. Cependant il arrive parfois que, sur une pousse de trois ou de quatre ans, des aiguilles,

saines jusqu'alors, soient récemment contaminées, tandis qu'on en rencontre d'autres dont l'infection remonte à diverses époques. Quand l'épidémie est intense, ainsi que cela a lieu sur les sujets à végétation très défectueuse, la marche est plus rapide, les aiguilles brunissent bientôt et tombent souvent dans le courant du premier été ou de l'automne.

## IV

J'ai dit que la deuxième forme de la maladie, signalée par R. Hartig à Eberswald, localité de plaine, se distingue de la première, dite de montagne, en ce que les aiguilles, au lieu de se décolorer au printemps, brunissent seulement à la fin de l'automne ou même à l'entrée de l'hiver, les périthèces ne se formant que dans le courant de l'année suivante, pour mûrir au printemps de la troisième année. Bien que j'eusse parfois remarqué, en été, dans des aiguilles de deux ans non amylifères, la présence de périthèces au début de leur développement (Obs. n° 3, 2e branche, pousse de deux ans; Obs. nos 4, 6, 10), ce qui était l'indice d'une contamination automnale de l'année précédente, je n'avais jamais eu l'occasion d'étudier, à son début, une forme d'infection aussi tardive et j'étais disposé à croire qu'elle fait défaut dans les Vosges, quand, le 10 décembre 1908, il me fut donné de l'observer sur quelques branches inférieures d'un épicéa, ayant fourni plusieurs des observations précédentes. Sur certaines pousses de un an, on remarquait des aiguilles dont la teinte verte commençait seulement à brunir. Quelques-unes d'entre elles étaient munies de l'anneau basilaire, mais la plupart en étaient dépourvues. Les premières renfermaient un peu d'amidon; on y remarquait des spermogonies au début de leur formation ainsi que des taches noires provenant d'épanchements de résine dans les tissus superficiels. Les secondes n'avaient ni fructifications ni taches; leur surface était lisse et elles n'étaient plus amylifères [1]. Le 24 septembre, j'avais examiné avec soin cet arbre et je n'avais pas remarqué d'aiguilles d'un vert brun. Il

[1] Parmi ces aiguilles, s'en trouvaient quelques autres d'une coloration brun pâle, munies de l'anneau et portant des périthèces réduites aux paraphyses. Elles avaient été attaquées au printemps, car elles renfermaient encore passablement d'amidon. Sur les

est donc certain qu'à cette époque elles ne paraissaient pas atteintes et que leur changement de coloration s'était produit postérieurement à cette date.

Je détachai plusieurs de ces pousses contaminées et j'en formai deux lots : l'un qui fut conservé dans un tiroir, l'autre que je plaçai, sous un massif d'épicéas, dans une petite caisse recouverte d'un filet à mailles assez serrées pour retenir les feuilles et autres débris qui viendraient à tomber.

Les aiguilles du premier lot furent examinées au mois de mars 1909. En se desséchant, elles avaient perdu la coloration vert-brun qui les faisait remarquer en décembre, celle-ci avait passé au brun gris, alors que les aiguilles saines, parmi lesquelles elles se trouvaient, étaient restées à peu près vertes. On distinguait encore les feuilles qui, munies d'un annneau, portaient des spermogonies et des taches de résine, de celles sur lesquelles on ne remarquait pas d'anneau. Ces dernières s'étaient détachées, pour la plupart, ou tombaient au moindre ébranlement, tandis que celles à anneau restaient adhérentes.

Je plaçai les unes et les autres, sous un massif, dans une boîte ouverte.

Le 15 juin, quelques-unes de celles qui n'avaient pas d'anneau, portaient de petites saillies globuleuses que je reconnus pour être des périthèces encore peu développées, tantôt réduites au stroma, tantôt n'ayant que des paraphyses naissantes. Les aiguilles à anneau étaient toujours couvertes de leurs spermogonies, mais n'avaient pas formé de périthèces.

Les aiguilles du second lot passèrent l'hiver sous bois. Le 18 avril, on les examine. Celles qui ont un anneau en sont toujours réduites à leurs spermogonies et n'ont pas produit de périthèces (1). Parmi celles qui n'ont pas d'anneau, on en trouve

---

pousses de deux ans (1906), on observait quelques aiguilles semblables à ces dernières et munies de périthèces au même degré de développement. Les plus avancés de ces organes ne renfermaient pas encore de thèques. L'attaque de ces aiguilles devait remonter à l'été de l'année précédente, car elles n'étaient plus amylifères. L'évolution des périthèces ne paraissait avoir fait aucun progrès, depuis le mois de septembre. D'autres aiguilles à anneau, mais très rares, également sans amidon, ne portaient aucune fructification, et devaient sans doute rester stériles, car on saurait difficilement admettre que des périthèces puissent apparaître seulement au bout de douze à quinze mois.

(1) Quant aux aiguilles de 1907 qui, le 10 décembre 1908, avaient des périthèces, l'évolution de ces organes s'est poursuivie. Le 18 avril, on aperçoit quelques thèques surgissant entre les paraphyses. Au 30 avril, les thèques sont plus nombreuses et plus développées.

quelques-unes portant des périthèces globuleuses, bien apparentes à la loupe, mais encore peu développées, car les paraphyses sont courtes, la voûte de la chambre périthéciale est encore surbaissée et n'a pas formé à son sommet l'épaississement caractéristique, enfin sa coloration noire n'est encore guère accentuée. Le 20 juillet, le nombre des aiguilles sans anneau, ayant formé des périthèces a augmenté et ces organes sont plus développés. Mais on en rencontre plusieurs encore dépourvues de paraphyses ou n'en ayant que de naissantes. La maturation de ces périthèces n'aura probablement lieu qu'à l'automne ou peut-être même qu'au printemps suivant.

Quant aux aiguilles à anneau, elles avaient disparu, par suite d'un accident. Je l'ai regretté, car il eût été intéressant de s'assurer si ces aiguilles, détachées, auraient fini par fructifier, et dans ce cas, si elles auraient formé des périthèces isolées ou agglomérées. Il se pourrait en effet que, dans ces aiguilles à anneau, le parasite fructifiât seulement quand elles adhèrent au rameau, contrairement à ce qui se passe dans les aiguilles sans anneau où la fructification ne s'effectue que lorsqu'elles sont tombées. C'est ce qui semble ressortir de l'absence de périthèces au 15 juin, dans les aiguilles à anneau du premier lot. Toutefois, de nouvelles expériences sont nécessaires pour établir ce fait.

Qu'étaient devenues, pendant l'hiver, les aiguilles contaminées qui étaient restées sur les rameaux? Pour les reconnaître, j'avais fixé aux pousses qui les portaient, des marques distinctives. Le 18 avril, on les retrouve, mais leur teinte est devenue grise. Celles à anneau qui avaient des spermogonies, dès avant l'hiver, les ont peu développées depuis lors. Sur quelques-unes seulement, il s'est formé des périthèces encore dépourvues d'asques. Elles renferment de nombreux granules d'amylose associés, parfois en assez grande quantité, à des grains se colorant encore un peu par l'iode. Les aiguilles sans anneau ont acquis aussi une teinte grise. Elles se différencient des précédentes par l'absence complète de fructifications, de taches de résine, d'amidon et d'amylose. Cependant, n'étant pas suffisamment desséchées, elles restent encore adhérentes au rameau [1]. Quant aux pousses de

[1] En général, fort peu d'aiguilles atteintes par la forme *Schütte* tombent au printemps. C'est dans le courant de l'été et surtout en automne que la défoliation se produit.

1908, aucune de leurs aiguilles n'est encore atteinte à la fin d'avril.

Au 25 mai, la situation n'a pas varié pour les aiguilles sans anneau [1]. Il en est de même le 15 juin et le 2 juillet. Elles sont toujours fixées au rameau, grises, lisses et ne portant aucune fructification. Dans les aiguilles à anneau, le parasite a poursuivi lentement son évolution. Le nombre de celles qui ont formé des périthèces s'est accru. Ces organes sont cependant encore peu développés, car les paraphyses y apparaissent à peine au 2 juillet. Le peu d'amidon que ces feuilles renfermaient encore au printemps a disparu, ayant servi à la formation des périthèces. Le 25 août, ces organes se présentent en cordons longitudinaux d'un noir brillant. Les paraphyses n'ont cependant pas encore toute leur longueur [2]. Les aiguilles sans anneaux étaient toutes tombées.

En résumé, les rameaux dont les pousses de 1907 avaient été contaminées à l'automne de 1908, présentaient, au mois de juin 1909, l'aspect suivant :

1° Sur les pousses de 1908, des aiguilles brunies, nouvellement atteintes en mai et ne portant que des spermogomies débutantes;

2° Sur les pousses de 1907, *a*) des aiguilles grises infectées à l'automne précédent, les unes sans anneau, non fructifères, et devant tomber, dès qu'elles seraient suffisamment desséchées, les autres, en plus petit nombre, munies d'un anneau et portant des périthèces au début de leur développement; *b*) des aiguilles à anneau, atteintes par le parasite, dans le courant de l'été de 1908, ayant des périthèces un peu plus avancées;

3° Sur les pousses de 1906, des aiguilles semblables à ces dernières, d'autres à périthèces vidées récemment et dont les spores avaient attaqué les pousses de 1908;

4° Enfin quelques aiguilles dont le parasite était demeuré stérile.

De l'expérience précédente résultent les faits ci-après :

*a*) Dans les aiguilles, sans anneau, détachées et conservées au

---

(1) A cette date, dans les aiguilles de 1906, les périthèces avaient terminé leur évolution. Les thèques adultes laissaient échapper leurs spores.

(2) A cette date, les aiguilles de 1908, atteintes au printemps de 1909, sont déjà garnies de quelques périthèces, mais ne formant encore qu'un faible relief et d'un noir peu accentué. Les paraphyses commencent seulement à y apparaître. L'évolution de ces organes n'est donc guère en retard sur celle des périthèces appartenant aux aiguilles contaminées à l'automne de 1908.

sec, tout l'hiver, le mycélium s'est remis à végéter au printemps et a fructifié presque aussi vite que dans celles qui avaient été placées à l'extérieur, au mois de décembre ; ce qui prouve que, depuis ce mois jusqu'à avril, l'activité végétative du parasite est entièrement suspendue ;

*b*) Les aiguilles sans anneau, détachées spontanément en hiver, des rameaux recueillis en automne, ont commencé à fructifier au printemps suivant, alors que celles, également sans anneau, qui étaient restées sur le rameau, n'ont porté aucun organe fructifère avant leur chute, survenue en juillet et en août. La fructification ne peut donc s'effectuer dans ces aiguilles que lorsqu'elles sont détachées [1] ;

*c*) Les périthèces se sont formées presque en même temps sur les aiguilles sans anneau détachées que sur celles à anneau qui étaient restées fixées au rameau ; mais, alors que, dans les unes et les autres, ces organes avaient déjà commencé à apparaître vers le milieu d'avril, les aiguilles à anneau, provenant des rameaux recueillis à l'automne, n'ont pas formé de périthèces, au printemps suivant, après plusieurs mois de séjour à l'extérieur ; ce qui semblerait indiquer que les aiguilles à anneau ne peuvent fructifier que sur le rameau.

La deuxième forme d'infection décrite par Hartig et caractérisée par la décoloration très tardive des aiguilles, se présente donc, dans les Vosges, mais elle y est très rare, puisque je ne l'avais pas rencontrée avant 1908 et que je l'ai cherchée vainement en 1909. Elle ne saurait être attribuée, comme le pense Hartig pour le cas d'Eberswald, à la sécheresse du climat qui retarderait, du printemps jusqu'à l'automne, la germination des spores, car le climat vosgien est, en général, humide et la fin de l'été de 1908 a été particulièrement pluvieuse.

La contamination automnale est due sans doute à la maturation tardive des spores provenant des aiguilles sans anneau détachées à l'automne précédent et gisant sur le sol. Bien que, dans ces aiguilles, la maturation soit plus rapide que dans les aiguilles à

---

[1] Il en est ainsi presque toujours et c'est tout à fait exceptionnellement, comme je l'ai fait remarquer, que j'ai rencontré quelques périthèces globuleuses, sur des aiguilles, peu avant leur chute. Ce fait tiendrait-il à ce que, sur le rameau, les aiguilles restent trop desséchées et rencontrent seulement, au contact du sol, l'humidité nécessaire à la formation des périthèces ?

anneau restées adhérentes au rameau (¹), on en trouve au mois d'août dont les asques ne sont pas encore mûres. Ce sont sans doute ces spores retardataires qui, disséminées au mois de septembre, contaminent certaines pousses.

Outre cette particularité d'avoir des aiguilles infectées en automne, les pousses de 1907 que j'ai observées le 10 décembre 1908, en présentaient encore d'autres qu'il convient de signaler. Elles portaient, comme je l'ai dit, des aiguilles sans anneau et des aiguilles à anneau, intercalées, les unes et les autres, parmi les aiguilles saines. Les premières étaient les plus nombreuses. Les pousses de 1906 n'avaient presque pas d'aiguilles sans anneau, mais un assez grand nombre d'aiguilles à anneau. C'est le contraire de ce qui a lieu habituellement, les feuilles adhérentes étant d'ordinaire situées sur les pousses de un an, tandis que les feuilles caduques se trouvent sur les pousses plus âgées.

Que l'infection ait lieu au printemps, ce qui est le cas le plus général, ou dans le courant de l'été, le brunissement des aiguilles à anneau est rapide et intégral. C'est même à cette rapidité dans l'attaque que je crois devoir attribuer et l'apparition de l'anneau comme mesure de défense et la richesse amylacée de l'aiguille atteinte. Dans le cas de contamination automnale que j'ai décrit, les choses ne se sont pas passées ainsi. En décembre, la coloration des aiguilles à anneau, bien que celles-ci fussent remplies de mycélium, était seulement un peu dégradée, ayant légèrement bruni, comme d'ailleurs celle des aiguilles destinées à tomber. Elles ne différaient de ces dernières que par la présence de l'anneau et d'une faible quantité d'amidon. Ces faits semblent indiquer que l'attaque, tout en étant moins rapide qu'au printemps, avait été plus prompte dans certaines aiguilles que dans d'autres. La lenteur du brunissement et de la résorption de l'amidon seraient la conséquence de la saison avancée, dans laquelle s'effectue la contamination ainsi que la diminution d'activité végétative du parasite et de l'aiguille. D'une réaction moins énergique,

(¹) Dans les aiguilles sans anneau, tombées à terre, les périthèces commencent à apparaître seulement en avril, des thèques sont déja formées à la fin de mai ou au commencement de juin, tandis que dans les aiguilles à anneau, adhérentes, il s'écoule près de dix mois entre l'apparition des périthèces et la maturité des spores (du mois de juillet au mois de mai de l'année suivante). C'est donc principalement à l'hiver, pendant lequel toute évolution est suspendue, qu'est dû ce grand écart dans la durée de la fructification des deux formes d'infection.

résulterait parfois une plus faible imprégnation de résine à la base de l'aiguille. Ce qui semble montrer que les choses se passent effectivement ainsi, c'est que, le 15 juin dernier, j'ai remarqué, sur plusieurs des aiguilles grises dépourvues d'amidon qui garnissaient les pousses de 1907, la présence d'un anneau brun foncé et non noir, insuffisant pour maintenir leur adhérence au coussinet, car elles tombèrent, quand elles furent desséchées. Il y avait donc eu de leur part une tentative de réaction, mais trop faible pour prévenir leur chute.

Les trois formes d'infection de *Lophodermium macrosporum* décrites par Hartig dans trois stations différentes et qui, suivant lui, ne pourraient, semble-t-il, se rencontrer dans la même, parce que chacune d'elles résulterait de conditions spéciales de milieu, se présentent cependant dans les Vosges. Mais il convient de les réduire à deux : celle à aiguilles adhérentes et celle à aiguilles caduques, car on observe tous les passages entre la forme à contamination printanière et celle à contamination automnale, très rare du reste. Comme cette dernière, la contamination estivale est caractérisée, quoique à un moindre degré, par une maturation retardataire des spores, ne se produisant que près de deux ans après l'atteinte.

Hartig, qui n'avait pas constaté ces divers cas d'infections tardives, attribuait le brunissement automnal des aiguilles à la sécheresse de l'air, cause qui, pour les Vosges du moins, ne saurait être admise.

## V

On a vu précédemment que les aiguilles munies de l'anneau basilaire restent adhérentes au rameau assez longtemps encore après la fructification, tandis que celles qui en sont dépourvues se détachent, avant d'avoir fructifié, dès qu'elles sont mortes et desséchées. C'est précisément la dessiccation qui est cause de leur chute, ainsi que cela a lieu pour les aiguilles saines d'épicéa. On sait qu'une branche de cet arbre détachée et maintenue à l'abri de l'humidité, perd rapidement ses aiguilles et qu'il est impossible de les conserver à un rameau d'épicéa placé en herbier. Ce fait, commun à tous les épicéas que j'ai eu l'occasion d'étudier (*Picea excelsa, omorika, pungens, ajanensis,* etc.), ne se présente

ni dans les *Abies,* ni dans les *Pinus,* ni dans les *Larix,* ni, je crois, dans aucun autre conifère (1). On peut déjà en conclure que cette caducité des aiguilles d'épicéa est due à une particularité de structure.

La partie supérieure du coussinet de l'aiguille d'épicéa est formée par un tissu spécial de cellules polyédriques à parois épaisses, canaliculées, brunes qui occupent toute l'épaisseur comprise entre l'hypoderme et le faisceau central et sont plus ou moins remplies de masses brunes de tanin. Ce tissu comprenant, dans le sens longitudinal, quatre ou cinq assises, forme une zone annulaire brune, bien visible à la loupe. Les cellules des deux dernières assises sont un peu plus petites. Là se termine le coussinet.

La base de l'aiguille qui lui fait suite est formée aussi d'un tissu spécial, mais bien distinct du précédent. Il est constitué dans le sens longitudinal, par cinq ou six assises de cellules allongées, effilées à l'extrémité inférieure, à parois incolores, plus épaisses que les précédentes, très finement canaliculées, à lumen allongé et étroit, ne renfermant que quelques fines granulations brunâtres. Ce tissu apparaît extérieurement sous forme d'une zone annulaire blanche, surmontant la zone brune qui termine le coussinet. Il occupe tout l'intervalle compris entre l'hypoderme et la nervure. Au-dessus de lui se trouve le chlorenchyme de l'aiguille. C'est entre ces deux anneaux que l'aiguille se sépare du coussinet par la dessiccation, entraînant souvent quelques cellules dissociées de la rangée supérieure de la zone brune. Cette dissociation, due sans doute à la différence de retrait que subissent, d'une part, les cellules scléreuses de la zone blanche et, d'autre part, les cellules de la zone brune, est bien manifeste, quand la limite entre les deux anneaux, au lieu d'être plane, est formée par une surface bombée du côté de l'aiguille, ainsi que cela se présente parfois dans *Picea omorika.* Une coupe transversale ou mieux légèrement oblique, permet alors d'apercevoir,

(1) Sauf dans *Tsuga Canadensis,* mais par un autre mécanisme. Les feuilles de cet arbre sont pourvues d'un pétiole très ténu qui se rompt à la base, en se desséchant.

Un rameau d'*Abies pectinata,* abandonné à la dessiccation spontanée, ne perd ses aiguilles que pendant la saison végétative, assez irrégulièrement encore et très incompletement. La chute s'effectue alors par un mécanisme analogue à celui qui fait tomber les feuilles à l'automne. Dans les mêmes conditions, une branche détachée de sapin conserve les siennes, du mois d'octobre au mois de mai. Une dessiccation rapide préserve de la chute les feuilles des arbres à feuilles caduques.

éparses dans la cavité centrale qu'entoure le tissu de la zone blanche, les cellules de l'assise supérieure de la zone brune, n'ayant plus entre elles aucune cohésion.

Une coupe longitudinale intéressant le parenchyme et le coussinet d'une aiguille infectée par *Lophodermium macrosporum* et munie de l'anneau basilaire, fait voir une large bande noire occupant presque toute l'épaisseur de la zone blanche, ainsi qu'une ou deux assises de la zone brune. L'épanchement abondant de résine et de tanin qui forme cette bande noire a pour effet de mettre obstacle au retrait de l'assise supérieure de la zone brune, en la reliant à la zone blanche et de souder entre elles ces deux tissus. La dessiccation n'a dès lors plus de prise sur l'aiguille, celle-ci ne peut plus tomber spontanément, c'est seulement par une légère traction qu'elle se détache.

## VI

Après avoir décrit la marche de la maladie, telle qu'elle résulte de mes recherches à Longemer et dans la forêt de Gérardmer, je crois devoir faire ressortir les différences assez nombreuses qu'au cours de cette longue étude, j'ai relevées entre les observations de R. Hartig et les miennes.

1° Je ferai remarquer tout d'abord que Hartig ne signale nulle part, dans son mémoire, la présence de l'anneau basilaire dont j'ai fait ressortir toute l'importance, pour pouvoir distinguer, à première vue et d'une manière certaine, les deux formes de l'affection. Aussi, en plusieurs points de sa description, paraît-il les avoir confondues. C'est ce qui résulte des deux passages suivants, relatifs à la forme à feuilles adhérentes, ou forme de montagne :

*La plupart des aiguilles malades demeurent attachées au rameau et développent des périthèces et des spermogonies de la façon décrite. Mais pendant l'été, une grande partie des aiguilles brunies se détachent avant la formation des organes reproducteurs, de sorte qu'il se produit sur le sol de petits amas de feuilles tombées.*

Ailleurs on lit :

*Dans les deux formes de la maladie décrite ci-dessus* (*celle de*

*montagne et celle d'Eberswald), une faible partie des feuilles brunies tombe avant la formation des périthèces.*

Or ces feuilles caduques se rapportent vraisemblablement à la *Nadelschütte* et ne doivent pas, puisqu'elles tombent, être munies de l'anneau basilaire. On a vu en effet que cet anneau maintient adhérentes au rameau les aiguilles qui en sont pourvues, non seulement pendant l'évolution des organes reproducteurs, mais longtemps encore après. Il en résulterait que la *Nadelschütte* signalée par Hattig dans le jardin forestier de Neustadt doit se présenter aussi dans les montagnes de l'Erzgebirge et à Eberswald, comme cela a lieu dans les Vosges. Les trois types d'infection, établis par lui, ne seraient donc pas aussi spéciaux qu'il l'a cru, à telle ou telle localité. Ils se rencontrent à la fois dans la région que j'ai étudiée, les formes $\alpha$ et $\beta$ dépendant de l'activité végétative des aiguilles et la forme à décoloration automnale (Eberswald) n'étant qu'une variante de la forme $\alpha$, due à des retards dans l'époque de l'infection.

2° Hartig ne paraît pas avoir remarqué la diversité d'allures entre les deux formes d'affection : rapide dans l'une, toujours assez lente dans l'autre. La différence de la teneur en amidon et de la structure du mycélium ne semble pas non plus l'avoir frappé. La *Nadelschütte,* telle qu'il l'a observée à Neustadt, est partielle ou totale. Dans le premier cas, les aiguilles qui restent vertes, portent de petites taches brunes. Hartig ne s'explique pas sur la nature de ces taches. Il s'agit sans doute des taches noirâtres que j'ai signalées et attribuées à un commencement d'attaque qui aurait avorté. Dans le second cas, il ne subsiste ordinairement, dit-il, sur les pousses que des aiguilles brunes au sommet et dans lesquelles un épanchement de résine entre la partie contaminée et la partie saine a arrêté l'extension du mycélium. Sur ce sommet malade, on voit, en automne, apparaître des spermogonies et des périthèces isolées dont les spores mûrissent et se disséminent aux mois de juin et juillet suivants. J'ai remarqué, bien que très rarement, des aiguilles de cette sorte, brunies dans leur partie terminale seulement; mais je n'y ai jamais vu des fructifications. Ces aiguilles décrites par Hartig ne doivent évidemment pas tomber, ni porter d'anneau, puisque leur base a été préservée. La partie brune se détache sans doute au bout d'un certain temps, ainsi que je l'ai constaté sur les aiguilles d'épicéa

dont je viens de parler et sur celles de sapin atteintes par *Lophodermium nervisequium* (1). Cette forme d'attaque serait donc intermédiaire aux deux autres. Par l'adhérence des aiguilles et l'apparition d'organes reproducteurs, alors que ces aiguilles sont encore fixées au rameau, elle se rapprocherait de la forme que j'ai appelée α ; elle s'en écarterait par l'isolement des périthèces et l'absence d'anneau basilaire, double caractère qu'elle partagerait avec la forme β (2).

3° Dans aucun passage de son mémoire, Hartig ne dit avoir observé d'organes reproducteurs sur les aiguilles de la *Nadelschütte*. Il écrit en effet :

*J'ai rencontré, sur de nombreux épicéas des pépinières de Neustadt, une troisième forme de la maladie qui se manifeste par la chute de toutes les feuilles attaquées peu après son apparition.* D'autre part, il ne dit pas avoir constaté la présence de fructifications sur les aiguilles tombées, ni avoir cherché à les faire apparaître expérimentalement. On est alors amené à se demander, cette forme de la maladie ayant surtout une allure aussi différente de celle qui caractérise l'affection des aiguilles adhérentes au rameau, sur quels caractères il s'est appuyé pour attribuer l'une et l'autre au même parasite (3). Quant à moi,

---

(1) Cette attaque de la partie terminale de l'aiguille, rare dans l'épicéa, est au contraire assez fréquente dans le sapin de cette région, mais le plus souvent, sans qu'il s'y forme de fructifications. A la limite du tissu contaminé et des tissus restés sains, se remarque un épaississement brun foncé, provenant de la prolifération des cellules du chlorenchyme, avec accumulation d'amidon et épanchement de résine et de tanin. C'est une barrière interposée par l'organe, à titre de défense, contre l'envahissement du parasite. J'ai eu l'occasion de mentionner cette particularité sous le nom de *décurtation des aiguilles de Sapin* (*Bull. de la Soc. Bot. de Fr.*, 1893, p. 140).

(2) L'anneau basilaire est remplacé, dans ces aiguilles, par l'épanchement de résine qui se produit à un niveau variable du parenchyme foliaire.

(3) Dans le tableau (p. 110 de son mémoire précité) où il indique, avec beaucoup de clarté, les phases de fructification du parasite, pour les trois types qu'il y a établis, Hartig fait bien figurer la forme *Schütte*, mais on se demande s'il ne s'agit pas des aiguilles dont l'extrémité seule est atteinte, car dans le texte, l'apparition d'organes reproducteurs est mentionnée pour ces aiguilles et non pour celles qui sont envahies dans leur totalité. Cependant, dans le *Manuel sur les maladies des arbres* du même auteur, on lit cette phrase : On n'a pas expliqué pourquoi maints épicéas perdent, déjà en automne, les aiguilles brunes des pousses de l'année et montrent presque tous les symptômes de la maladie du *rouge*. Sur ces aiguilles, les périthèces ne se présentent pas sous forme de bourrelets longitudinaux, mais sous forme de petites saillies semblables à celles de l'*Hysterium pinastri*.

Je n'ai jamais observé cette chute d'aiguilles de l'année. Non seulement celles qui tombent, après contamination, n'appartiennent pas plus aux pousses de l'année que celles qui restent adhérentes, mais même elles sont généralement insérées sur des pousses plus âgées que ces dernières, les aiguilles de faible activité végétative étant plutôt envahies par la forme β que par la forme α de la maladie. Il n'est donc pas probable que Hartig, dans la phrase ci-dessus, fasse allusion à des aiguilles de la *Nadelschütte* (forme de Neustadt).

j'ai hésité à les identifier, jusqu'au jour où je suis parvenu à obtenir des fructifications, dans les conditions que j'ai décrites.

Les aiguilles tombent, dit Hartig, quelques mois après l'attaque. Cela n'a lieu que lorsque le parasite envahit des feuilles de végétation très défectueuse. Assez souvent, au contraire, notamment dans les jeunes plantations, les aiguilles qui ont commencé à se décolorer sans toutefois brunir, restent adhérentes plusieurs années avant de tomber et parfois même réagissent assez pour reprendre leur coloration normale et parvenir à éliminer le champignon. Tous ces faits semblent avoir échappé à Hartig.

4° Dans la forme de la maladie qu'il a observée (forêt d'Eberswald, localité de plaine), la contamination a toujours lieu au printemps, mais *les spores,* dit-il, *après leur dissémination, semblent arrêtées dans leur germination, par l'air sec des mois d'été. Dès octobre, quand l'humidité reparaît, les feuilles commencent à brunir. Les périthèces se développent au mois de juin de l'année suivante, trop tard cependant pour que la maturité puisse s'effectuer la même année. C'est seulement un an plus tard que la dissémination a lieu.*

R. Hartig attribue la forme d'infection qu'il a observée à Eberswald à un arrêt de germination des spores, lequel persisterait, depuis le début du printemps, époque de la contamination, jusqu'à l'automne où le brunissement commence à apparaître. Par arrêt de germination, il faut sans doute entendre, bien que Hartig ne s'explique pas à cet égard, que le développement du mycélium est enrayé, après que les spores ont émis quelques filaments germinatifs et sans que l'aiguille ait subi un commencement de décoloration. Le fait est admissible, puisque j'ai reconnu, très rarement, il est vrai, la présence de filaments rudimentaires dans des aiguilles de un an qu'aucun indice extérieur ne désignait comme étant atteintes (Obs. n° 25). A-t-il été aussi constaté par Hartig ou bien n'est-ce de sa part qu'une simple hypothèse, basée sur ce que, après le printemps, il n'y a plus émission de spores, que par conséquent le brunissement observé à l'automne ne peut provenir que d'une contamination printanière.

Cependant la forme de maladie particulière à Eberswald pourrait résulter aussi d'une infection tardive, analogue à celle que j'ai décrite dans mon observation du 10 décembre 1908. Elle serait

provoquée par les spores d'aiguilles caduques disséminées seulement à la fin de l'été ou au commencement de l'automne. Puisque, d'après Hartig lui-même, il se produit également à Eberswald une chute d'aiguilles, plusieurs de celles-ci doivent fructifier sur le sol, peut-être aussi tardivement que dans les Vosges (1). Si cette opinion ne s'est pas présentée à Hartig, c'est sans doute parce qu'à Eberswald, pas plus qu'à Neustadt, il ne semble avoir reconnu que, dans les aiguilles tombées, le parasite fructifie, parfois jusqu'en septembre (2). En constatant que les périthèces des aiguilles adhérentes perdent leurs spores au printemps, n'ayant d'ailleurs pas remarqué qu'ultérieurement jusqu'en automne, il peut s'en disséminer d'autres, provenant des aiguilles gisant sur le sol, il était naturellement porté à regarder les premières comme les principaux, sinon les seuls auteurs de la propagation de la maladie.

Ce que je viens de dire ne repose du reste que sur une probabilité d'analogie avec ce que j'ai observé. Quoi qu'il en soit, les diverses phases de la forme d'infection d'Eberswald me paraissent réclamer de nouvelles recherches (3).

5° Hartig a supposé que les spores pénètrent dans les aiguilles

---

(1) Dans les sols tourbeux des Vosges, les aiguilles atteintes, au printemps, de cette forme d'infection, tombent généralement au début de l'automne. Mais à cette époque, il doit se produire, dans certains cas, une nouvelle attaque, car on voit parfois les feuilles d'un et de deux ans commencer à jaunir en octobre. Cet état reste stationnaire jusqu'au mois de mai de l'année suivante, à partir duquel la décoloration s'étend, pour finir à l'automne, par le jaunissement et la chute. Cette infection automnale doit aussi être attribuée à des émissions tardives de spores, moins tardives, toutefois, que celle qui a causé l'infection dont il est question dans mon observation du 10 décembre 1908.

(2) Dans le tableau de Hartig, dont j'ai parlé plus haut, les aiguilles atteintes de défoliation (*Nadelschütte*) sont indiquées comme fructifiant en juin et juillet.

(3) Il y aurait notamment intérêt à s'assurer si, à Eberswald, les aiguilles sont pourvues de l'anneau basilaire. Cela est probable, car, dans le cas contraire, elles se dessécheraient après avoir bruni, et tomberaient avant de fructifier, tandis qu'elles persistent dix-huit mois encore après le brunissement. Il faudrait aussi rechercher si cet anneau se forme rapidement ou graduellement, dès le printemps ou bien dans le courant de l'été ou en automne, enfin si aucun indice de décoloration ne se remarque dès le printemps, époque où l'infection se produit, suivant Hartig. Il serait surprenant qu'il n'en fût pas ainsi, car dans les aiguilles sans anneau, il y a commencement d'altération, même quand des traces de mycélium sont encore difficiles à découvrir. Ce n'est que tout à fait exceptionnellement que le contraire se présente.

Hartig attribue à la sécheresse de l'air l'arrêt de la germination des spores. Il est cependant difficile d'admettre que régulièrement, chaque année, le printemps et l'été soient constamment assez secs à Eberswald, pour que les filaments germinatifs ne puissent trouver, à aucun moment, dans les aiguilles, la quantité d'eau nécessaire à leur extension. Cet arrêt ne serait-il pas dû plutôt à la résistance temporaire que le parasite rencontrerait au printemps de la part de l'organe, ainsi que cela a lieu, comme je l'ai montré, dans la forme β de l'infection ?

par les stomates, mais, comme je l'ai fait remarquer précédemment, il ne semble pas s'en être assuré [1]. Par de nombreuses observations, je me suis au contraire attaché à bien établir ce fait; ce qui m'a permis de constater ce point intéressant que les filaments germinatifs peuvent séjourner assez longtemps dans cette région, pour ne s'étendre et n'envahir l'organe qu'en automne, lorsque la résistance de ce dernier vient à fléchir.

6° D'après Hartig, les aiguilles de deux et trois ans peuvent être assez souvent contaminées, en même temps que celles de un an et c'est toujours, sauf pour la forme d'Eberswald, à une infection récente, qu'il attribue leur brunissement. S'il y avait recherché l'amidon, il est probable qu'il en aurait rarement rencontré, ce qui lui aurait sans doute fait comprendre que l'attaque de ces aiguilles remonte le plus souvent à l'année précédente, car les aiguilles de un an infectées restent amylifères jusqu'à l'entrée de l'hiver, et quelquefois jusqu'au printemps. En réalité, c'est tout à fait exceptionnellement que les aiguilles de deux et trois ans sont attaquées sous la forme $\alpha$ et alors, elles sont remplies d'amidon, comme celles de un an.

7° Ce n'est pas seulement dans les cas d'infection appartenant au type observé à Eberswald, qu'une année entière peut s'écouler entre l'apparition des périthèces et leur maturation. On a vu qu'un intervalle plus considérable encore se présente, quand la contamination est produite, dans les mois d'août ou de septembre, par des spores retardataires. Les périthèces débutant seulement à l'automne, ne mûrissent qu'une vingtaine de mois après.

8° Suivant Hartig, les asques, dans la forme n° 1, dite de montagne, apparaissent au mois d'octobre pour ne mûrir qu'au printemps suivant. Je n'ai jamais constaté, dans les Vosges, la formation des asques à l'automne de la première année, bien que mon attention se soit portée fréquemment sur ce point.

9° Hartig n'a pas recherché les causes auxquelles sont dues la chute de certaines aiguilles et la persistance de certaines autres. Il ne paraît pas avoir remarqué que ces dernières peuvent indéfiniment rester fixées à leur rameau détaché et maintenu à l'abri de l'humidité.

---

[1] C'est du moins ce qui ressort du passage suivant de son *Manuel des maladies des arbres : Chez les trois espèces d'*Hypoderma (nervisequium, macrosporum, pinastri), *le tube germinatif pénètre* probablement *toujours par les stomates.*

10° Contrairement à ce qu'a observé Hartig, ce sont toujours les aiguilles à végétation défectueuse que j'ai vues être atteintes par le *Lophodermium*. Bien que cette condition se rencontre le plus souvent sur des épicéas malvenants, il peut cependant arriver que des branches appartenant à des sujets vigoureux soient contaminées, mais ce sont alors des branches basses ombragées par les branches supérieures ou par les arbres voisins.

Hartig a bien remarqué que la partie supérieure des cimes est généralement préservée, mais il l'attribue à ce qu'elle se trouve dans un milieu moins humide, plus exposé aux courants d'air. Cette cause n'est pas la seule, elle n'est même pas la plus importante. C'est surtout parce que les branches élevées des épicéas en massif sont plus vigoureuses qu'elles sont épargnées par le parasite et la preuve que tel en est bien le principal motif, c'est que les rameaux, même supérieurs, des épicéas languissants, sont parfois atteints. Hartig n'a du reste pas remarqué la relation étroite qui existe entre cette affection et l'affaiblissement végétatif des aiguilles.

## VII

On vient de voir qu'entre les allures des deux formes de la maladie, il y a de profondes différences. Je vais essayer d'expliquer à quelles causes elles pourraient être dues.

De l'ensemble de mes observations, résulte d'abord ce fait bien établi, c'est que le *Lophodermium macrosporum* n'attaque que les aiguilles à végétation plus ou moins affaiblie, ainsi qu'on en rencontre sur les branches basses des arbres même vigoureux, sur les sujets situés en sols épuisés ou pauvres, tels que terrains graveleux ou tourbeux et surtout dans les pépinières mal entretenues, etc... Mais il y a des degrés dans l'affaiblissement de ces aiguilles. Quand le parasite en atteint qui végètent encore assez activement et sont remplies d'amidon, le mycélium, amplement alimenté, se développe rapidement et envahit, en un temps très court, tout le parenchyme foliaire [1]. Celui-ci, vivement attaqué,

[1] Les grains amylacés qu'on rencontre en mai et en juin dans une aiguille contaminée sont si volumineux et si nombreux, qu'on ne saurait les attribuer uniquement au fonctionnement de l'organe. Le mycélium a sa part d'influence, car les aiguilles saines sont loin d'être aussi amylifères, même à cette époque de l'année, qui est celle où elles le sont cependant le plus.

réagit par la formation d'un anneau de résine et de tanin à sa base, c'est-à-dire à la limite de la région atteinte, ainsi que par d'autres épanchements de cette substance, en divers points de son tissu.

Si, malgré cette abondante nutrition, les filaments mycéliens sont fins et relativement peu nombreux, cela tient à ce que, resserrés entre les grains amylacés qui se touchent et remplissent la cellule, ils ne peuvent grossir et se multiplier, autant que le comporterait la nourriture qu'ils ont à leur disposition. C'est seulement plus tard, que ces grains, étant réduits en nombre et surtout en volume, par suite de la consommation qu'en fait le parasite, les filaments deviennent plus gros et plus nombreux, grâce à l'espace dont ils disposent alors pour se développer.

Quand, au contraire, les spores germent dans des aiguilles dépérissantes, n'étant plus en état, même au printemps, de produire de l'amidon ou n'en produisant qu'une faible quantité, les filaments mycéliens, insuffisamment nourris, ne s'étendent qu'avec une extrême lenteur qui résulte aussi de la résistance, toute faible qu'elle soit, mais non négligeable, que l'organe encore vivant oppose à l'envahissement du parasite. C'est par suite de cette lenteur dans l'attaque que l'organe ne réagit pas et qu'il ne se forme pas d'anneau. N'étant pas entravés par la présence de nombreux grains amylacés, les filaments peuvent se développer librement; aussi sont-ils plus gros et plus sinueux que ne le sont au début de l'infection ceux de la forme $\alpha$. Mais dès que décroît cette activité végétative de la feuille, au commencement de l'automne, les progrès du champignon deviennent plus sensibles.

L'influence de l'alimentation que le parasite rencontre dans l'aiguille est encore plus marquée sur son mode de fructification que sur le développement de son appareil végétatif. Dans la forme $\alpha$, le stroma fructifère commence à s'organiser peu de temps après l'attaque et les spermogonies ne tardent pas à apparaître. On voit déjà un peu moins d'amidon dans l'aiguille; il diminue encore, quand débutent les périthèces, puis s'accumule au voisinage de ces organes, pendant la formation des paraphyses, se raréfiant dans la partie du parenchyme qui en est éloignée. Dans la forme $\beta$, par suite de l'absence ou de la pénurie de réserve amylacée, le début de la fructification est plus tardif, mais, une fois commencé, s'effectue plus rapidement, parce que le plus

souvent ce n'est qu'au printemps ou dans l'été suivant la chute, que spermogonies et périthèces apparaissent dans les aiguilles. En outre, ces périthèces sont moins nombreuses et très réduites dans leurs dimensions. Au lieu de se réunir en files longitudinales fortement saillantes, elles ne forment que de très faibles saillies ponctiformes qui ne sont guère visibles qu'à la loupe. La petitesse de ces organes, de même que leur retard à apparaître et leur isolement, sont la conséquence de la maigre alimentation qu'ils trouvent dans les aiguilles. Quelle substance fournit, dans ce cas, au parasite les matériaux de leur formation ? Ce ne peut être l'amidon, puisqu'on n'en voit plus, bien avant même que le mycélium ait envahi toute l'aiguille. Ce sont probablement les granules d'amylose provenant de sa destruction, car ensuite ils ont bien diminué, sinon disparu ; c'est peut-être aussi la cellulose du parenchyme. Ces substances servent sans doute également à la formation des thèques dans les aiguilles adhérentes. Si, en effet, la réserve amylacée est employée à l'édification des périthèces et de leurs paraphyses, elle ne saurait l'être à celle des thèques et des spores qui n'apparaissent souvent que plusieurs mois après la disparition des derniers grains amylacés.

Il semble donc qu'il faille rechercher la cause initiale des différences qui se manifestent entre les deux formes de la maladie, pour l'une, dans l'abondance de la réserve amylacée des aiguilles attaquées, et dans l'extrême pénurie de cette réserve pour l'autre. C'est parce que le parasite trouve dans l'aiguille de un an une riche alimentation, qu'il s'y développe rapidement ; c'est pour réagir contre cette invasion rapide que l'anneau basilaire se forme et que l'aiguille devient adhérente. C'est aussi, pour ce motif et comme conséquence de cette active nutrition, que les corps reproducteurs se constituent promptement et en grand nombre. C'est au contraire parce que les aiguilles dépérissantes ne sont plus ou presque plus amylifères que le parasite y progresse aussi lentement ; c'est à cause de cette lenteur d'invasion et de la pénurie d'amidon que l'aiguille ne réagit pas, qu'il ne se forme pas d'anneau et que, se desséchant, elle tombe plus ou moins rapidement. C'est enfin par suite de cette faible alimentation que les organes fructifères se constituent tardivement, sont rares et restent exigus.

D'après ce qui précède, on peut entrevoir les causes qui prési-

dent aux variations d'attaque du parasite, se rendre compte, par exemple, dans une certaine mesure, des motifs pour lesquels telle aiguille d'un certain âge est infectée, alors que sa voisine, plus ou moins âgée, est préservée, pourquoi, suivant les situations, deux aiguilles de même âge sont atteintes par des formes différentes de la maladie. Quand une spore de *Lophodermium macrosporum* tombe sur une aiguille de un an, appartenant à un rameau du milieu ou du sommet de la cime d'un épicéa vigoureux et bien insolé, elle ne peut même y germer, par suite de la résistance que lui oppose le tissu de l'organe. S'agit-il d'une branche basse d'un arbre de lisière, située du côté libre, recevant par conséquent assez de lumière, les aiguilles de l'année ont encore une trop grande activité végétative, pour que le parasite puisse s'y introduire. Sur une aiguille plus âgée, il pourra y avoir non seulement tentative, mais commencement d'effet ; ce qu'on reconnaît aux petites taches noires qu'on rencontre assez fréquemment à la surface. Elles résultent de la nécrose, sous l'influence des filaments germinatifs, de l'appareil stomatique et de quelques cellules du parenchyme avoisinant. Le parasite n'a pu aller plus loin. Mais d'autres fois, rencontrant dans les aiguilles de un an un terrain favorable, c'est-à-dire une alimentation suffisante pour accroître sa vigueur et lui permettre ainsi de vaincre une résistance d'ailleurs atténuée, il envahit rapidement l'organe. Il en résulte la forme α de l'infection. Les spores tombent-elles sur des aiguilles plus âgées ou même n'ayant qu'un an, mais situées dans l'intérieur du massif, mal éclairées par conséquent et affaiblies, le développement du mycélium est très ralenti, parce qu'il ne trouve dans l'organe qu'une nourriture insuffisante pour un développement rapide. C'est alors la forme β de la maladie qui apparaît. L'aiguille finit par périr, mais au bout d'un temps souvent assez long. Enfin il peut arriver que l'aiguille, bien qu'ayant une végétation languissante, reprenne assez de vigueur pour parvenir, après une lutte qui dure parfois plusieurs années, à triompher de son parasite, en enrayant d'abord son extension, puis en l'éliminant, quand ce dernier ne lui a pas porté une trop rude atteinte, quand, par exemple, la maladie s'est arrêtée au jaunissement, sans avoir été jusqu'au brunissement.

En voyant à quel point le développement des périthèces est sous la dépendance de la nutrition, on est amené à se demander

si la relation entre ces organes et l'amidon que renferme l'aiguille, ne serait pas plus étroite encore et si le siège de leur apparition, diffus pour les aiguilles sans anneau, limité à la face inférieure, pour celles à anneau, ne résulterait pas, dans le premier cas, de la pauvreté et de l'absence de localisation de la substance alimentaire et, dans le second, de la concentration de l'amidon dans le parenchyme inférieur. C'est ce que je vais examiner.

Dans les feuilles à chlorenchyme hétérogène, celles de sapin, par exemple, on ne constate, dans la teneur en amidon, aucune différence entre les tissus palissadique et lacuneux, aux époques de l'année où ces organes sont très amylifères (mai, juillet et commencement d'août). Mais au début du printemps, lorsque l'assimilation est encore peu active, et au mois de juin, époque où l'amidon se trouve en grande partie employé à l'évolution des pousses, ou bien de la fin d'août à l'arrière-automne, quand le pouvoir assimilateur de la chlorophylle a bien diminué, les cellules du parenchyme inférieur sont plus riches en amidon que celles du parenchyme supérieur, principalement au voisinage de la nervure. A une différenciation anatomique entre les deux parenchymes correspond une différenciation physiologique, le parenchyme palissadique étant plus spécialement assimilateur, le parenchyme lacuneux jouant plus particulièrement le rôle de tissu de réserve.

Comme c'est précisément aux mois d'août et de septembre que se forment les périthèces du *Lophodermium nervisequium* du sapin, on pourrait supposer que leur apparition constante dans l'épiderme inférieur est due à ce que cette région est plus amylifère. Mais si, dans une aiguille saine de sapin, le tissu palissadique perd son amidon à certaines époques, il n'en est plus de même pour une aiguille atteinte par le *Lophodermium* et qui, étant sinon morte, du moins en bien mauvais état, ne fonctionne presque plus. Aussi n'est-il pas étonnant qu'une semblable aiguille ne présente pas, dans sa teneur amylacée, les mêmes variations qu'une aiguille intacte, au cours de la saison végétative. Le parenchyme palissadique y reste tout l'été, rempli d'amidon, sans brunir, alors que le parenchyme lacuneux s'appauvrit de cette substance, du fait du mycélium qui s'en nourrit et, devenant plus ou moins brun, se développe en premier lieu dans ce tissu où il a pénétré par les stomates.

De ce qui précède, il résulte donc que ce n'est pas, comme on serait porté à le croire, l'accumulation de l'amidon dans le tissu lacuneux qui provoque la formation des périthèces dans l'épiderme de la face inférieure; ce sont, au contraire ces organes qui, pour le faire servir à leur édification, attirent l'amidon des parties voisines.

*A fortiori* s'impose cette conclusion pour les aiguilles d'épicéa, dont le chlorenchyme n'est pas différencié comme il l'est chez celles de sapin. Dans les feuilles saines d'épicéa, on ne voit pas, au printemps et en été, l'amidon quitter à plusieurs reprises le parenchyme supérieur, pour s'accumuler dans l'inférieur. On ne peut y distinguer un tissu assimilateur et un tissu de réserve.

L'aiguille d'épicéa, atteinte par son *Lophodermium,* pas plus que celle de sapin envahie par le sien, ne saurait être regardée comme complètement morte, puisque le parasite y attire, à portée de sa fructification, l'amidon des parties plus éloignées. Ce transport, bien qu'à faible distance, ne saurait s'effectuer que par un acte physiologique. On ne voit donc pas pour quel motif les périthèces se développent de préférence à la face inférieure dans la forme $\alpha$, pourquoi ils apparaissent à peu près indifféremment sur chaque face, dans la forme $\beta$. On ne voit pas davantage pourquoi elles se forment plutôt dans la région des stomates. On pourrait supposer que c'est parce que le mycélium s'agrège plus facilement, pour y former un stroma, sur les points où l'hypoderme fait défaut, si l'on n'avait l'exemple du *Lophodermium nervisequium* du sapin, dont les périthèces, loin de se former, aux environs des stomates, apparaissent au-dessous de la nervure des aiguilles, un des endroits où l'hypoderme est le plus complet.

Les causes qui président à l'apparition des périthèces sur certains points des aiguilles sont donc encore bien obscures et cette question demeure en suspens.

## VIII

Ce ne sont pas seulement les branches basses des épicéas grands ou moyens qui peuvent être atteintes de défoliation, mais encore les jeunes sujets, quand ils se trouvent dans des conditions

défectueuses de végétation. Le cas se présente notamment dans les pépinières, lorsque les plants, y séjournant trop longtemps, finissent par se trouver trop serrés et ont épuisé la plus grande partie des engrais qu'on leur avait distribués. La maladie y est alors très répandue, mais c'est uniquement sous sa forme β que je l'y ai rencontrée. C'est à l'automne de 1894 que j'ai remarqué pour la première fois cette maladie dans une pépinière. On y voyait des taches jaunes entourant une place centrale qui, à en juger par les plants portant des aiguilles brunes, semblait être le foyer de l'infection. Mon attention ayant ainsi été appelée sur cette maladie, j'en étudiai de plus près les effets. Bien que les feuilles ne présentassent que rarement l'alternance de zones vertes, jaunes et brunes, si caractéristique sur les branches basses des arbres, je ne tardai pas à être frappé par les analogies de symptômes et à y voir une légère variante de la défoliation. Depuis lors, je l'ai maintes fois observée dans les pépinières à sols pauvres et épuisés. Dans ces conditions, il s'écoule en général trois ans entre l'attaque et la chute des aiguilles. En été, celles de l'année sont vertes, une partie seulement des feuilles de un an sont jaunes; parmi celles de deux ans, les unes sont jaunes entièrement ou à l'extrémité seulement, les autres commencent à brunir. Les aiguilles de trois ans sont entièrement brunes, celles de quatre ans sont en grande partie tombées. Cet état reste à peu près stationnaire jusqu'en octobre, où le mycélium, prenant de l'extension, à la suite du ralentissement de l'activité végétative des aiguilles, le nombre de celles qui jaunissent ou brunissent augmente sur les pousses de un à trois ans. Quant aux feuilles de l'année, certaines commencent à jaunir par places, le plus souvent à l'extrémité, ce qui prouve qu'elles recélaient le parasite depuis plusieurs mois (puisque la dissémination des spores s'arrête généralement au mois d'août), sans qu'aucun indice en révélât la présence. Pendant toute la durée de l'été, on voit parfois, dans les feuilles dont le jaunissement débute, des filaments mycéliens occupant les régions stomatiques[1]. Les spores

---

[1] Mais le plus souvent, dans ces aiguilles jaunissantes, on ne remarque aucune trace de mycélium, ou du moins il est fort difficile de l'y apercevoir, et ce n'est qu'à la suite de recherches persistantes qu'on parvient quelquefois à en découvrir. Et cependant le parasite a pénétré dans l'organe et s'y trouve localisé dans quelque partie. C'est donc à distance qu'il semble agir, en décolorant l'aiguille, comme s'il sécrétait quelque toxine.

ont pénétré par l'ostiole de ces organes, mais les filaments germinatifs ne se développent que dans le chlorenchyme avoisinant, tant que l'aiguille reste assez vigoureuse, puis quand cette activité végétative s'est ralentie, il a envahi tout le tissu.

A l'appui de ce qui précède, voici quelques observations faites dans une pépinière dont plusieurs planches étaient attaquées.

21 SEPTEMBRE 1906. — Les aiguilles de 1905 et de 1906 sont plus ou moins jaunâtres, surtout à l'extrémité, tandis que celles de 1904 sont restées vertes. Les aiguilles de 1906 sont plus petites que celles de 1904 et de 1905, conséquence du ralentissement de la végétation. Dans ces aiguilles jaunissantes, se trouvent des globules oléagineux, mais surtout des granulations d'amylose provenant de la destruction de l'amidon. Toutefois, plusieurs cellules, principalement sous l'hypoderme, sont encore amylifères, alors que les aiguilles vertes de 1904 ne le sont plus. Dans un autre exemplaire, les aiguilles de l'année et de un an sont jaunissantes, avec des bandes annulaires ou semi-annulaires ou seulement des ponctuations brunes. Ces ponctuations sont mycélifères et amylifères, tandis que les parties jaunissantes tantôt renferment de l'amidon et tantôt n'en renferment pas, mais sont dépourvues de mycélium. Les régions brunes sont les points d'attaque du parasite.

25 NOVEMBRE 1898. — Plusieurs planches d'une pépinière sont envahies. L'aspect varie suivant les sujets :

1° Dans les uns, les aiguilles de l'année, de même que celles de un an, sont jaunes, tandis que celles de deux ans sont restées vertes. Sur quelques aiguilles de un an, l'extrémité commence à brunir. L'attaque remonte donc au plus à dix-huit mois pour les aiguilles de un an et à six mois pour celles de l'année. La vigueur des plants ayant décru, par suite de l'épuisement du sol, les pousses de 1897 sont plus petites que celles de 1896, et celles de 1898, plus petites que celles de 1897. En voici quelques exemples. Les longueurs sont exprimées en millimètres : pousse de 1897 : 40 ; pousse de 1898 : 30 ; pousse de 1897 : 30 ; pousse de 1898 : 20. Il en est de même pour les aiguilles. Longueur moyenne de plusieurs aiguilles de 1897 : 8 ; longueur moyenne de plusieurs aiguilles de 1898 : 6.

Il est à remarquer que les feuilles de 1896, quoique plus anciennes, sont restées indemnes, contrairement à ce qui se passe d'ordinaire dans la défoliation des branches basses des arbres, où ce sont les aiguilles les plus âgées qui sont de préférence atteintes. Il n'y a là qu'une anomalie apparente qui doit s'expliquer ainsi. Ayant été formées quand le plant avait encore une végétation assez active, les aiguilles les plus anciennes sont restées relativement assez vigoureuses, même après que le plant, aux racines déjà dépérissantes, ne pouvait plus former que de chétives pousses. Dans les arbres, au contraire, les pousses âgées des branches basses ont leur vitalité

affaiblie, parce qu'elles sont dominées ; mais les jeunes pousses, alimentées par une cime et des racines saines et vigoureuses, conservent assez longtemps une certaine activité.

2° Sur d'autres plants, les aiguilles de 1898 sont encore vertes, celles de 1897, qui étaient jaunes en été, commencent à brunir, tantôt par l'extrémité, tantôt en divers points, formant ainsi des zones annulaires, mais, dans le cas le plus général, par la base. Dans certains rameaux, les aiguilles de 1897 sont entièrement brunes ou bien leur extrémité seule reste verte. Sur ces plants malades, les pousses de 1898 ainsi que leurs aiguilles sont plus petites que celles de 1897 et celles-ci que celles de 1896. Ces pousses sont parfois réduites à des dimensions minuscules. Ainsi certaines d'entre elles n'ont que 10 à 15 millimètres de long et leurs aiguilles 2 à 3 millimètres.

Les aiguilles jaunes qui, en été, se trouvaient remplies d'amidon et renfermaient peu de chlorophylle, ont maintenant leurs cellules pleines de granulations pulvérulentes d'amylose, incolores ou légèrement verdâtres ou jaunâtres, provenant de la désorganisation de l'amidon. Pas de globules oléagineux, résultant de la dégradation de la chlorophylle, ce qui tient à ce qu'elle y était peu abondante, comme on vient de le faire remarquer. Dans ces aiguilles jaunes, les filaments mycéliens sont encore rares, aussi la recherche en est-elle assez difficile. On en trouve davantage dans les très petites aiguilles appartenant à des rameaux malades depuis plusieurs années. Les aiguilles brunes ne contiennent plus ces fines granulations que l'on aperçoit dans les jaunes ; en revanche, le mycélium y a pris beaucoup d'extension.

Quand on examine les aiguilles jaunes au début de l'automne, on y trouve, outre une certaine quantité de grains amylacés, plus petits qu'en été et déjà en voie de résorption, des granules, des paillettes d'amylose de formes diverses, souvent losangiques, provenant de la désorganisation de l'amidon. Ce sont ces paillettes qui, par une ultime désagrégation, forment les granulations pulvérulentes qu'on rencontre dans les cellules, quelques semaines plus tard et qui paraissent servir d'aliment au mycélium, car on ne les retrouve plus dans les cellules brunies.

Dans ces aiguilles jaunes, le parasite avait pénétré dès le printemps ou au commencement de l'été, ainsi que cela a généralement lieu dans celles qui sont atteintes de défoliation. Il y avait germé, parce qu'elles étaient, à la suite de l'épuisement du sol, en mauvais état de végétation. Il y était resté cantonné pendant tout l'été, dans les chambres sous-stomatiques et le parenchyme environnant, et ce n'est qu'à l'entrée de l'automne qu'il s'était mis à progresser et avait envahi toute la feuille qui, en même temps, brunissait. La grande quantité et la grosseur des grains d'amidon concentrés dans les aiguilles jaunes dont il vient d'être question, ne doivent pas être regardés comme étant la conséquence de l'infection, ainsi que cela a lieu dans les aiguilles à anneau, car on en trouve fréquemment de semblables dans les aiguilles jaunes ou vert jaunâtre nullement contaminées, mais appartenant à

des plants languissants. Le mycélium progresse surtout lorsqu'ils disparaissent. Aussi est-il permis de supposer que, s'il progresse, c'est précisément parce qu'il s'en nourrit. Mais il est des cas où l'accumulation de l'amidon semble bien due à l'action du parasite. Dans ce même mois de novembre 1898, et dans cette même pépinière contaminée, j'ai trouvé plusieurs plants qui tranchaient, par leur couleur vert foncé, sur la teinte jaunâtre de leurs voisins. Je fus frappé par la présence sur plusieurs de leurs aiguilles de taches annulaires complètement décolorées. Dans ces zones, les cellules étaient remplies d'amidon, alors qu'au-dessus et au-dessous d'elles, on n'en trouvait plus trace dans le parenchyme vert. On n'y voyait pas de mycélium, ce qui ne prouve point qu'il n'y en avait pas, car il pouvait être représenté par quelques filaments seulement, que les coupes n'avaient pas atteints. Trois semaines après, ces taches s'étaient étendues et se délimitaient dans la région verte par des contours moins nets qu'auparavant. En même temps l'amidon avait disparu presque entièrement. Il était remplacé par du mycélium dont le développement s'était effectué probablement aux dépens des grains amylacés dont il s'était nourri.

## IX

La maladie causée par *Lophodermium macrosporum* est très répandue dans les Hautes-Vosges, comme du reste beaucoup d'autres infections, favorisée par l'humidité du climat et la végétation souvent défectueuse des massifs d'épicéas. Assez rare sous la forme d'aiguilles adhérentes, elle se présente le plus souvent sous celle de la défoliation. Dans toutes les circonstances où les aiguilles ont une végétation languissante, elles ne tardent pas à être envahies par le parasite. C'est ce que mettent en évidence les observations suivantes :

30) 6 octobre 1905. — Dans une plantation rémontant à quelques années, plusieurs épicéas qui se trouvaient en sol pierreux avaient une végétation affaiblie ; ce qu'on reconnaissait à la brièveté des dernières pousses ; ils étaient fort en retard sur leurs voisins, mieux partagés sous le rapport du terrain. D'année en année, les pousses et les aiguilles devenaient plus petites. Celles de un, deux et trois ans et même celles de l'année, avaient jauni entièrement ou seulement à la pointe. On ne remarquait cependant pas de lacunes sur les pousses, ce qui indiquait que les aiguilles ne s'étaient pas encore détachées. Ces aiguilles jaunes renfermaient des globules oléagineux et des granules d'amylose associés à d'assez nombreux, mais petits, grains d'amidon, alors que les aiguilles saines ne renfermaient plus de ces

derniers. Par les dimensions exiguës des pousses, on pouvait juger que le jaunissement remontait à plusieurs années. On n'y voyait pas de mycélium, tandis qu'on en trouvait beaucoup dans les aiguilles qui avaient quelques parties brunes, mais dans ces parties seulement. Parmi ces dernières, fort peu étaient tombées. Cet exemple montre combien est lent, dans certains cas, le processus de la maladie. L'attaque devait s'être produite trois ou quatre années auparavant.

31) 22 octobre 1906. — Des épicéas de cinq à six ans, plantés l'année précédente, se trouvaient en partie déracinés ; aussi avaient-ils mal repris. Tandis que la coloration, dans certaines de leurs aiguilles, était vert pâle, d'autres avaient la pointe brune ou étaient entièrement brunes. Les premières renfermaient encore des grains d'amidon associés à des granules d'amylose. Dans les parties brunes, se trouvaient des filaments mycéliens. Après un séjour sous cloche humide, les aiguilles se couvrirent de spermogonies et de périthèces de *Lophodermium macrosporum*.

C'est par la teinte jaune intégrale ou partielle acquise par les aiguilles des jeunes plants d'épicéas que se révèle la maladie de la défoliation. Il ne faudrait pas la confondre avec une autre affection qui fait jaunir aussi leurs aiguilles. Il arrive assez fréquemment, à la suite de transplantations, quand la reprise tarde à se produire, soit parce que l'opération n'a pas été faite avec tous les soins nécessaires, soit parce que le terrain est pauvre, que les plants traversent une période de souffrance qui peut durer une ou plusieurs années. Cet état se révèle par une réduction de longueur des pousses et particulièrement de la flèche comparée à celle des années antérieures. En même temps, les aiguilles qui garnissent ces pousses sont plus petites que celles qui les ont précédées et jaunissent. Deux caractères les distiguent des aiguilles atteintes de la maladie de la défoliation : l'absence de mycélium et la présence de grains volumineux d'amidon, entourés d'une enveloppe très mince de chlorophylle jaune ou vert jaunâtre. Le jaunissement diffère du jaunissement automnal des feuilles caduques, par l'absence de globules d'huile ; ce qui prouve qu'il ne résulte pas, comme dans ce dernier cas, de la dégradation de la chrorophylle. Cet état semble dû à l'insuffisance d'alimentation azotée, résultant soit de la pauvreté du sol, soit du fonctionnement défectueux des racines plus ou moins lésées par la transplantation, soit aux deux causes réunies. Souvent, il n'est que transitoire, et deux ou trois ans après, ou même dès l'année suivante, ces feuilles jaunes redeviennent vertes. Le plant s'est

rétabli et a reconstitué son système radicellaire. Mais parfois l'état de souffrance persiste, surtout quand le terrain est stérile et alors, comme dans toutes les circonstances où la végétation languit, ces aiguilles peuvent être atteintes par la maladie de la défoliation.

C'est ainsi que les aiguilles des branches d'épicéa coupées et gisant sous l'ombrage des massifs, condition dans laquelle la dessiccation est assez lente, se couvrent de zones alternativement jaunes, brunes et vertes qui sont l'indice de leur envahissement par le *Lophodermium macrosporum* (forme β). C'est ce qui arrive souvent aux branches des épicéas brisés ou déracinés par le vent ou la neige. Pendant qu'elles sont couchées sur le sol, leurs aiguilles ne tardent pas à être attaquées par le parasite. On voit, par ces exemples, combien est grande son extension dans les Hautes-Vosges, où il trouve souvent, par suite de l'état trop serré des peuplements, un terrain éminemment favorable à son extension. Sur des arbres, même très vigoureux, la chute des aiguilles à l'automne est parfois si abondante, que les branches basses en sont couvertes. On peut dire que les feuilles d'épicéa atteignent rarement l'âge de neuf à dix ans, auquel elles peuvent arriver dans les conditions normales. Elles périssent bien avant leur tour et elles le doivent au *Lophodermium*.

## X

Les dommages causés par le *Lophodermium macrosporum* varient beaucoup suivant les régions. En Allemagne, ils paraissent avoir été assez importants à l'époque où R. Hartig étudiait cette maladie. C'est en Saxe, dans l'Erzgebirge ainsi que dans la forêt d'Eberswald et à Neustadt, localités qui lui ont servi à créer ses trois types, qu'elle lui a paru sévir avec le plus d'intensité. Dans la première de ces stations, dans le cantonnement d'Altenberg, à l'altitude de 700 à 900 mètres, des peuplements d'épicéas de dix à quarante ans, les uns entremêlés de hêtres, les autres à l'état pur, étaient atteints et, fait remarquable, car il diffère complètement de ce qui se passe dans les Vosges, les épicéas les plus vigoureux étaient particulièrement contaminés. Dans un autre cantonnement du même massif montagneux, celui de Hermsdorf,

un peuplement de trente ans, mélangé de hêtres, était si attaqué, que le dixième des épicéas avaient leurs aiguilles rouges.

A Neustadt, l'infection s'est déclarée à l'Institut forestier, dès 1868, et acquit de suite beaucoup d'intensité. Elle empira dans les années suivantes, au point d'inspirer de sérieuses inquiétudes, à l'époque où Hartig publia son mémoire.

Elle était aussi répandue dans les montagnes du Harz, mais plus au sud qu'au nord.

A Solligen, quelques arbres seulement, de dix à vingt-cinq ans, vigoureux pour la plupart, se trouvaient atteints. Hartig ne dit pas si leurs rameaux inférieurs seuls étaient frappés, bien qu'il reconnaisse qu'en général la partie basse de la cime est la plus exposée.

A Gérardmer, de même que sur quelques autres points des Vosges que j'ai eu l'occasion de visiter, les dommages causés par ce *Lophodermium* n'ont pas, depuis près de vingt ans que j'ai cette maladie sous les yeux, atteint un pareil degré de gravité. C'est, comme je l'ai déjà dit, sous la forme *défoliation* qu'elle y est de beaucoup la plus répandue. Je rappelle que, dans les pépinières, je n'ai jamais remarqué la présence de l'autre forme. Je n'ai pas vu des arbres vigoureux être contaminés, si ce n'est parfois dans leurs branches basses. Presque toujours, les sujets atteints se trouvent dans de mauvaises conditions de végétation. C'est dans les pépinières que les dégâts sont le plus sensibles, mais là encore, l'infection n'est que le résultat de dispositions défectueuses dans leur installation ou d'un manque de soins (1). Presque toujours, il y a possibilité de prévenir ou du moins d'enrayer la contagion et, quand elle s'est produite, d'y remédier.

Je vais passer successivement en revue les moyens préventifs et les moyens curatifs.

1° *Pépinières.* — En ce qui concerne les pépinières, il convient, avant de les ensemencer, d'y enfouir des engrais bien consommés, tels que du terreau obtenu à l'aide d'un mélange de tourbe ou de feuilles mortes décomposées et de cendres, de scories de déphos-

(1) Dans les pépinières, la maladie acquiert rapidement une grande extension et un caractère de gravité qu'elle ne présente pas sur les arbres vivant en massifs et encore moins sur ceux qui sont isolés. Je n'ai jamais vu, dans les Vosges, des arbres périr à la suite de leur envahissement par le *Lophodermium macrosporum*, tandis que sur les plants des pépinières, l'attaque du parasite est fréquemment suivie de leur mort.

phoration et de sels de chaux, afin que l'effet puisse s'en prolonger plusieurs années, pendant lesquelles il sera impossible de les renouveler. Pour ce motif, l'emploi du fumier frais ainsi que de tout engrais à action rapide, mais de courte durée, tel que le nitrate de soude, les sels ammoniacaux, est à déconseiller, sans compter que, à faibles doses, ces engrais ont peu d'effet sur les plants forestiers et qu'à dose quelque peu élevée, ils leur sont souvent nuisibles (1).

Le semis ne doit pas être trop serré, surtout si le terrain où est assise la pépinière n'est ni riche ni profond. Quand les semis sont trop drus, les plants, épuisant rapidement le sol, ont leur croissance ralentie; de plus, étant trop nombreux, beaucoup d'entre eux, dominés par d'autres plus vigoureux, sont des victimes désignées pour la maladie qu'ils communiquent ensuite à leurs voisins. Les semis doivent être assez clairs pour un autre motif encore. Les stations où se développe de préférence le *Lophodermium* étant généralement situées à d'assez grandes altitudes (800 à 1.000 mètres), la végétation y est lente, à cause de la rigueur du climat. Aussi est-il nécessaire de l'activer, non seulement par l'apport d'engrais, mais encore en laissant aux jeunes plants assez d'espace pour qu'ils puissent croître rapidement et se trouver en état d'être repiqués en pépinière au bout de trois ans, délai qui ne peut guère être raccourci.

L'opération du repiquage, toujours très importante, l'est encore plus pour les épicéas, menacés de l'attaque du *Lophodermium*. Il convient d'y procéder avec beaucoup de soin. Le terrain consacré à cette opération doit recevoir les mêmes engrais que ceux dont j'ai parlé pour les semis. Les plants devront surtout être maintenus plus écartés qu'on n'a l'habitude de le faire pour d'autres essences ou même pour l'épicéa, dans les localités où l'invasion du parasite n'est pas à redouter. On évitera que les plants se touchent, non seulement aussitôt après la transplantation, mais même dans les trois années où ils devront encore séjourner en pépinière. Aussi des espacements de 20 centimè-

(1) Dans des expériences faites en caisses et en plein air, sur des plants de sapin de trois et quatre ans, j'ai constaté que l'emploi du nitrate de soude à très faible dose, mais renouvelé plusieurs fois, dans le cours de l'été, eut pour résultat d'affaiblir la végétation à tel point que sur plusieurs de ces plants, les aiguilles furent attaquées par *Lophodermium nervisequium*, parasite qui se développe de préférence, comme son congénère pour l'épicéa, sur les sujets souffreteux.

tres entre les lignes et de 10 centimètres, dans les lignes, ne sont-ils pas exagérés. Afin d'activer la croissance, on donnera aux plants tous les soins habituels de culture (sarclages, binages) et l'on prendra toutes les mesures propres à enrayer les effets de la sécheresse, très rare heureusement dans les régions à climat humide où se propage de préférence le *Lophodermium*. Mais la précaution la plus importante est celle de laisser aux plants assez d'espace. J'ai eu l'occasion de visiter des pépinières bien fumées, bien sarclées, mais dans lesquelles presque tous les épicéas avaient des aiguilles jaunes ou brunes et renfermaient le parasite parce qu'ils étaient beaucoup trop serrés.

*Peuplements.* — Les mêmes soins doivent présider à la mise en place des plants sortant des pépinières. On laissera entre eux des écartements plus grands qu'on ne le fait généralement. Un intervalle de 2 mètres ou $2^{m}50$ paraît le plus convenable. Outre que des expériences entreprises dans ce but ont montré que c'est à cette distance que la croissance est le plus rapide, on doit faire en sorte que les branches basses des jeunes sujets soient attaquées le plus tard possible, à une époque assez rapprochée de celle où il conviendra de pratiquer le premier desserrement. Dans cette opération qui devra être effectuée vers l'âge de vingt ou vingt-cinq ans, on devra enlever les sujets les moins bien venants et sectionner, avec toutes les précautions recommandées, les branches basses, qu'elles soient atteintes ou non par le *Lophodermium*. Grâce à des éclaircies précoces et assez fréquemment renouvelées, tous les dix ans, par exemple, en ayant soin de faire disparaître les arbres à végétation défectueuse qui risquent le plus d'être contaminés, en élaguant les branches basses des autres, sans attendre qu'elles meurent, ce qui n'arriverait qu'après un dépérissement de longue durée, pendant laquelle elles risqueraient d'être infectées, on obtiendra des arbres vigoureux, préservés par là même des attaques du *Lophodermium*.

Ce sont les branches basses dépérissantes qui, dans un massif, se trouvent le plus atteintes, c'est par elles que se propage la maladie. Aussi devraient-elles être supprimées méthodiquement, non seulement sur les épicéas, mais encore sur les sapins, les pins, les mélèzes pour les préserver des atteintes du *Lophodermium* propres aux trois premières de ces essences, ainsi que

d'autres parasites, tels que *Trichosphæria parasitica* et *Meria Laricis* (1).

Les branches basses sont en effet les plus exposées à être contaminées pour plusieurs motifs. Elles sont d'abord rapprochées du sol où gisent les feuilles mortes chargées souvent de spores. Par suite de ce voisinage, elles se trouvent dans un air plus humide qui favorise le développement des parasites. Enfin n'ayant qu'une végétation affaiblie, elles ont pour eux une plus grande réceptivité.

Bien que l'épicéa ne soit pas très exigeant sous le rapport du sol, on doit éviter de l'introduire dans des terrains trop pauvres (rocailleux ou tourbeux) ou bien ayant trop peu de terre végétale, car dans ces conditions, il végète mal et ne tarde pas à être attaqué par le *Lophodermium*. C'est ce qu'on a eu le tort de faire en plusieurs points de la forêt de Gérardmer. Il eût été préférable d'y planter du pin sylvestre, à titre transitoire.

Je passe maintenant à l'examen des mesures curatives.

*Pépinières.* — Si la maladie n'a pas encore acquis beaucoup d'intensité, si elle ne se décèle que par le jaunissement des aiguilles, ou seulement un commencement de brunissement sur quelques unes d'entre elles, elle peut être enrayée par le répandage d'une faible quantité de nitrate de soude entre les lignes. Ce sel ne doit toutefois être distribué qu'avec beaucoup de prudence, car les plants résineux sont très sensibles à son action (2).

Quand l'épidémie s'est aggravée, quand beaucoup de plants ont leurs aiguilles brunes et ne peuvent être guéris, on doit procéder à leur extraction, détruire tous ceux qui semblent trop

---

(1) Dans les Hautes-Vosges, les repeuplements d'épicéas provenant généralement de semis ou de plantations, dès que, vers l'âge de vingt ans, ils arrivent à l'état de fourrés, ont, par suite de l'état trop serré, dans lequel ils ont vécu jusque-là, leurs branches basses tellement envahies par *Lophodermium macrosporum*, que les aiguilles de ces branches meurent, au bout de quatre à cinq ans et tombent; ce qui propage beaucoup l'infection. Aussi l'élagage précoce, au sécateur, de ces branches est-il à recommander, en même temps que l'extraction des sujets dominés.

(2) En expérimentant au mois de mai, sur des sapins de 10 à 15 centimètres de haut, repiqués en forêt deux ans auparavant, j'ai constaté qu'une dose de 20 grammes de nitrate de soude par plant, était déjà trop forte, car un grand nombre d'entre eux eurent une partie de leurs aiguilles roussies et n'émirent que des pousses chétives ; plusieurs même périrent.

Dans la pépinière des Xettes (forêt communale de Gérardmer), un traitement au nitrate de soude a été essayé, sur mon conseil, et a produit, m'a-t-on dit, de bons effets. Les plants trop serrés avaient épuisé, en deux ans, le fumier enfoui dans le sol, avant le repiquage. Il y avait donc eu double cause de contamination.

contaminés et ne conserver que les plants n'ayant que des aiguilles jaunes et dont les dernières pousses sont encore assez longues. On les transplantera en forêt, en les distribuant sur divers points séparés et les plaçant à bonne distance les uns des autres, surtout en les intercalant, quand cela est possible, entre des sujets appartenant à d'autres essences. Si on ne les juge pas assez forts pour être mis en place, on les repiquera provisoirement dans des planches de pépinières ayant reçu une couche assez épaisse de terreau. J'ai pu ainsi rétablir des plants dont presque toutes les aiguilles, à part celles de l'année, étaient jaunes et dont quelques-unes avaient même déjà bruni. Il a suffi de deux ou trois ans pour faire disparaître la maladie. Les aiguilles brunes sont tombées, les jaunes ont en grande partie reverdi et sont parvenues à éliminer le parasite encore peu développé qu'elles renfermaient. J'ai fait remarquer que, dans les aiguilles jaunes, il n'est encore représenté que par quelques filaments mycéliens. Enfin, aux pousses exiguës des dernières années, en ont succédé d'autres de plus en plus grandes. J'ai constaté souvent que, dans les pépinières, même très contaminées, les plants dont la végétation était vigoureuse, soit parce qu'ils avaient été repiqués à d'assez grandes distances les uns des autres, soit parce qu'ils avaient reçu suffisamment d'engrais, continuaient à rester tels et à avoir des aiguilles bien vertes, quoique entourés de sujets malades. Ils ne semblaient se ressentir en rien de ce voisinage; ce qui montre que c'est surtout l'affaiblissement végétatif qui donne aux aiguilles leur réceptivité pour le parasite.

Les pulvérisations cuivreuses pourraient produire de bons effets, si elles étaient employées en temps opportun, c'est-à-dire au premier printemps, avant la dissémination des spores, et si l'opération était renouvelée avant le mois d'août, au delà duquel on n'a presque plus à craindre d'infection. N'ayant pas fait à cet égard d'essais méthodiques sur les épicéas, je ne puis donner des résultats positifs. Mais, autant qu'on peut en juger par analogie avec ce qui s'est passé dans des expériences que j'ai poursuivies, pendant plusieurs années, sur des pins sylvestres et des mélèzes contaminés, ce procédé serait efficace.

*Peuplements.* — Dans les stations où l'épicéa ne végète pas bien, pour des causes auxquelles l'homme ne peut pratiquement

remédier, telles qu'un sol par trop pauvre, exposé à se dessécher, ou bien au contraire trop humide, toutes conditions très favorables à la propagation du *Lophodermium*, on doit essayer d'introduire d'autres essences moins exigeantes, parmi lesquelles il faut placer en première ligne les pins : pin sylvestre dans les terrains rocailleux et secs, pins Weymouth ou pins sylvestres dans les tourbières.

C'est ce que j'ai fait à Longemer dans un petit massif d'épicéas, de 5 à 6 hectares, situé sur une tourbière, dans laquelle certains travaux d'assainissement avaient été effectués autrefois, ce qui avait permis à ces arbres d'acquérir d'assez belles dimensions. Mais depuis une trentaine d'années, ils semblent avoir épuisé ce sol, déjà fort pauvre, des aliments qui leur sont nécessaires. D'autre part, l'entretien des fossés d'assainissement a été négligé pendant longtemps. Aussi la croissance de ces épicéas est-elle très ralentie. La plupart de leurs aiguilles sont atteintes par le *Lophodermium macrosporum* (forme β) dont la propagation se trouve favorisée par l'humidité de cette station où la tourbe atteint, en certains points, jusqu'à 3 mètres d'épaisseur. Tous les ans, à l'automne, les aiguilles des branches inférieures de la cime, quoique distantes de 8 à 10 mètres de terre, jaunissent, brunissent et tombent souvent dès l'automne suivant. D'année en année, je vois le mal faire des progrès. Ce ne sont plus seulement les branches basses qui sont atteintes, mais encore celles du milieu de la cime. A peine si, sur les plus éprouvés d'entre eux, les deux ou trois couronnes supérieures restent indemnes. Les sujets de petite taille sont encore plus maltraités. Les branches n'ont plus d'aiguilles que sur les deux ou trois dernières pousses de chaque couronne, tandis que normalement une aiguille d'épicéa peut vivre neuf et dix ans. Aussi la croissance de tous ces arbres est-elle presque nulle. J'ai essayé divers procédés (assainissements, engrais) pour activer la végétation de ce massif et le débarrasser ainsi de cette affection. Le résultat a été sensible dans les quelques endroits où les essais ont eu lieu, mais le prix de semblables travaux, étant très élevé, quand ils sont étendus à de grandes surfaces, j'ai préféré remplacer, dans les parties les plus défectueuses, les épicéas par des pins sylvestres et des pins Weymouth qui y prospèrent. Le pin sylvestre est cependant très exposé, dans les sols humides, à être atteint par le *Lophodermium pinastri*.

Mais, de même que l'épicéa et le sapin, il l'est surtout quand sa végétation est défectueuse. Or j'ai constaté qu'il a une croissance assez active dans les terrains tourbeux, qui ont été assainis, fût-ce même assez superficiellement, quelques années auparavant. A ce titre, il est précieux pour le boisement des nombreuses tourbières des Hautes-Vosges.

C'est donc en ménageant aux épicéas de bonnes conditions de nutrition aérienne et souterraine, c'est-à-dire en les faisant végéter dans un sol qui ne soit pas trop pauvre et en les maintenant assez distants les uns des autres pour que leur cime soit toujours bien éclairée, qu'on arrivera à les préserver de la maladie causée par le *Lophodermium macrosporum* qui, si elle cause rarement la mort de grands arbres dans les conditions habituelles, peut cependant dans certaines situations, telles que celle qui vient d'être décrite, entraîner le dépérissement d'un massif, en tout cas faire tomber prématurément les aiguilles et nuire par là à la croissance dans une mesure qui n'est pas négligeable, en raison de la permanence du mal [1].

Au terme de cette étude, qu'il me soit permis d'opérer un rapprochement entre cette maladie et la tuberculose. L'une et l'autre s'attaquent aux organismes affaiblis, l'une et l'autre se traitent par une bonne alimentation destinée à accroître la vigueur de ces organismes et par suite leur résistance ainsi que par un isolement relatif, ayant pour but de faire mieux participer aux influences atmosphériques les êtres qui en sont atteints et de les soustraire le plus possible aux causes de contagion, bien que celles-ci aient, dans les deux affections, moins d'importance que le terrain.

---

[1] Dans une propriété, située en Lorraine allemande où j'avais planté des épicéas, il y a une trentaine d'années, plusieurs de ces arbres, principalement de ceux que j'avais associés à des essences feuillues, ont succombé, vers l'âge de vingt ans, après un dépérissement assez rapide. Leurs aiguilles tombaient, après avoir bruni, et présentaient les symptômes de la maladie de la défoliation. Elles étaient mycéliferes, mais je n'y ai jamais rencontré de fructifications et je n'ai pu en faire développer expérimentalement. Ces arbres se trouvaient dans une terre franche assez argileuse et compacte qui semblait peu leur convenir, car ils montrèrent bientôt des signes d'affaiblissement, tels que la production précoce des cônes.

# NOTE SUR L'AGE ET L'INDUSTRIE

## PALÉOLITHIQUE

DES

# GROTTES D'ISTEIN

(GRAND-DUCHÉ DE BADE)

par M. Mathieu MIEG

---

Les recherches et les fouilles que j'ai entreprises dans les grottes d'Istein depuis l'année 1901, les découvertes récentes faites dans ces grottes, actuellement au nombre de neuf, me permettent de compléter les notes précédemment publiées [1] par des observations nouvelles et de donner un travail d'ensemble sur cette intéressante station.

### Situation

Les grottes d'Istein sont situées à la pointe du Hardberg, vers le milieu d'une falaise de calcaire rauracien exploité pour un four à chaux nouvellement construit, adossé à la carrière. Le niveau des grottes inférieures est à environ 18 mètres au-dessus de la route d'Effringen et à environ 30 mètres au-dessus du niveau actuel du Rhin. Un premier groupe de grottes, 1, 2, 3, 5, 9, se termine au sud-est par deux autres, 4 et 7, tandis que les grottes

---

[1] *Note sur une station de l'époque paléolithique découverte à Istein* (grand-duché de Bade) [*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, 1901]; *Sur l'âge et la faune de la station préhistorique d'Istein* (grand-duché de Bade), par M. Mathieu Mieg et H.-G. Stehlin (*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, série III, t. IV, fasc. I, 1903) ; *Station préhistorique de Kandern* (grand-duché de Bade) [*Bull. Soc. des sciences de Nancy*, série III, t. IX, fasc. II, 1908].

6 et 8 se rencontrent dans une paroi de rocher au nord-ouest du premier groupe (Voir figure page 65).

Les grottes, en général de petite taille, d'environ 3 à 4 mètres de largeur, sur environ $2^m 50$ de hauteur et environ $2^m 50$ de profondeur, correspondent à d'anciennes fissures agrandies par les eaux d'infiltration ayant circulé dans le calcaire. Un remaniement partiel par les courants postglaciaires s'est produit dans les grottes inférieures 1, 2, 4, 7, 8, postérieurement à leur habitation, les dépôts sableux ont envahi les grottes jusqu'à la ligne *ab*. Une grande poche en forme d'entonnoir *e*, de $1^m 20$ de profondeur, remplie de sable, contenait dans son milieu des silex bruts et taillés, des ossements d'animaux, fragmentés, provenant de la grotte n° 8, et par-dessus, quatre molaires bien conservées d'*Elephas primigenius Blum.*, et d'autres ossements d'*Elephas* provenant sans doute du même animal.

La grotte n° 8 contenait, au-dessus du foyer resté en place dans le fond de la grotte, une couche de sable fin de 5 centimètres d'épaisseur renfermant une dent de lait de *Rhinoceros tichorhinus Cuv.*, une dent et plusieurs fragments de dent de cheval. A côté de la grotte 8, une petite poche remplie de sable *g* contenait un grand marteau perforé, fait avec un caillou roulé de quartzite de 18 centimètres de longueur.

Les travaux de déblaiement et d'exploitation exécutés le long de la route d'Effringen, à côté du nouveau four à chaux, ont mis à jour sur une assez grande longueur, et sur 18 mètres environ de hauteur à partir de la route, une série de cuvettes arrondies et d'érosions longitudinales avec remplissage de sable et de gravier amenés par les courants postglaciaires qui ont fortement corrodé et attaqué le pied de la falaise de calcaire rauracien dans laquelle se rencontrent les grottes.

La grotte n° 9, située au niveau le plus élevé de la falaise, à 5 mètres au-dessus du niveau des grottes inférieures, contenait des stalactites et des stalagmites dont le plancher de la grotte était recouvert d'une couche épaisse d'environ 10 centimètres.

Les plus belles de ces stalagmites atteignaient jusqu'à 23 centimètres de hauteur. C'est sous cette croûte de stalagmites, et dans cette seule grotte, que se sont rencontrés, au milieu du foyer, deux dessins d'ornement exécutés sur pierre et des fragments

d'os portant des rayures intentionnelles dont il sera question plus loin.

**Faune et industrie paléolithique rencontrées dans les grottes**

La faune des cavernes d'Istein décrite dans une précédente note publiée en collaboration avec M. Stehlin [1] contient, outre quelques restes de poissons non encore déterminés, les espèces suivantes :

| | |
|---|---|
| *Turdus spec.* | *Ursus arctos.* |
| *Castor fiber.* | *Sus scropha.* |
| *Lepus spec.* | *Cervus elaphus.* |
| *Mus spec.* | *Capreolus capreolus var. cfr pygargus.* |
| *Felis lynx.* | *Bovidé indéterminable.* |
| *Canis vulpes?* | |
| *Mustela martes.* | |

Cette faune, ainsi que nous le disions comme conclusions à la note précédemment mentionnée, est une faune de forêt très pure à laquelle les circonstances géologiques assignent un âge franchement postglaciaire. La présence du chevreuil de forte taille (*Capreolus capreolus var. cfr pygargus*) lui donne un faible cachet spécial par rapport à la faune des palafittes.

Les restes d'industrie humaine rencontrés dans les grottes d'Istein ont un caractère paléolithique qui les rattache au magdalénien; mais étant données la petite taille des silex par rapport à ceux du magdalénien, et la faune de forêt très pure qui les accompagne, je les avais considérés comme appartenant à la période de transition du paléolithique au néolithique.

J'ai complètement abandonné cette hypothèse et je partage maintenant l'opinion des archéologues français et allemands qui ont examiné récemment mes silex d'Istein; cette industrie est franchement paléolithique, elle remonte au magdalénien supérieur et peut s'être prolongée pendant une partie de la période de transition du paléolithique au néolithique.

---

(1) *Sur l'âge et la faune de la station préhistorique d'Istein* (grand-duché de Bade) par MM. Mathieu Mieg et H.-G. Stehlin.

Fig. 1.

Fig. 2.

Les instruments en silex des grottes d'Istein présentent une série de formes typiques de la fin de l'époque magdalénienne ; ce sont surtout des burins, incurvés, avec retouche terminale (planche I, fig. 6, 7, 8, 9, 11); burin latéral, incurvé, avec retouche terminale (planche II, fig. 13); burin double (planche II, fig. 14); des lames à dos rabattu (planche II, fig. 19, 20); des lames de canif (planche II, fig. 15, 16, 17); lame avec deux burins latéraux et retouche terminale (planche I, fig. 12[a]); lame avec bec (planche I, fig. 5); grattoirs simples (planche I, fig. 1 et 2); coche-grattoir (planche I, fig. 4).

Les grottes et fissures du calcaire rauracien de la Kachelflue, près de Kleinkems (1) contiennent une industrie paléolithique absolument semblable à celle des cavernes d'Istein ; on y rencontre en effet des burins latéraux, avec retouche terminale (planche II, fig. 23, 24, 25); lame de canif (planche II, fig. 21); coche-grattoir (planche II, fig. 22).

Ces burins, ces lames à dos rabattu, lame de canif, etc., sont caractéristiques du magdalénien supérieur (2). Ces types sont analogues à ceux du magdalénien supérieur (*spät magdalénien*) des cavernes des Alpes souabes, de *Propstfelsen,* vallée du Danube, *Hohlefels,* près Hütten, *Schmiechenfels* (3), vallée de l'Ach, fouillées dans ces dernières années par le Dr R. Schmidt, de Tubingue. D'après ce savant archéologue, les travaux les plus fins de l'art magdalénien y font défaut, la culture est celle de la fin de l'époque diluvienne et se rapproche de l'époque géologique actuelle. Tous ces types appartiennent cependant encore aux formes de la dernière époque paléolithique et ne se retrouvent plus à l'époque néolithique.

Outre les restes d'industrie paléolithique précédemment décrits, les grottes d'Istein n'avaient fourni jusqu'à présent, outre quelques poinçons en os et une pointe de harpon en os, signalée

---

(1) *Stations préhistoriques de Kleinkems* (grand-duché de Bade) [*Bull. Soc. des sciences de Nancy,* série III, t. V, fasc. I, 1904].

(2) Les burins, lames à dos rabattu, certains grattoirs avec becs, rappellent bien à première vue ceux de l'aurignacien, mais les types caractéristiques font absolument défaut.

(3) Rob. hud. Schmidt, *Der Sirgenstein und die Eiszeitichen Kulturepochen Schwabens.* Je profite de l'occasion pour remercier M. le Dr Schmidt du bienveillant concours qu'il a bien voulu me prêter pour ce travail et l'exécution des planches qui l'accompagnent.

par le professeur Schœtensack (1), aucune trace de gravure sur pierre ou sur os pouvant se rapporter à l'époque magdalénienne. Les fouilles exécutées dans la grotte n° 9, située à environ 5 mètres au-dessus du niveau des grottes inférieures, ont permis de combler cette lacune ; le foyer de cette grotte, au-dessous d'une couche de stalagmites d'environ 10 centimètres d'épaisseur, contenait, avec des silex taillés et des restes d'animaux, plusieurs fragments d'os portant des rayures intentionnelles faites dans un but d'ornementation. La pièce la plus intéressante est un fragment de grès calcaire, de 8 centimètres de longueur, d'environ 25 millimètres d'épaisseur, sur 45 millimètres de largeur, portant sur chacune de ses faces un dessin d'ornement en creux, de 25 à 30 millimètres de largeur. Le premier de ces dessins (fig. 1) profondément gravé, porte en son milieu une rosace et deux cercles concentriques entre lesquels est inscrit un zigzag, le tout ayant un aspect décoratif. Le second de ces dessins (fig. 2) représente un cercle avec un ornement à six branches décoré en son milieu d'une petite étoile et de points en creux entre les branches.

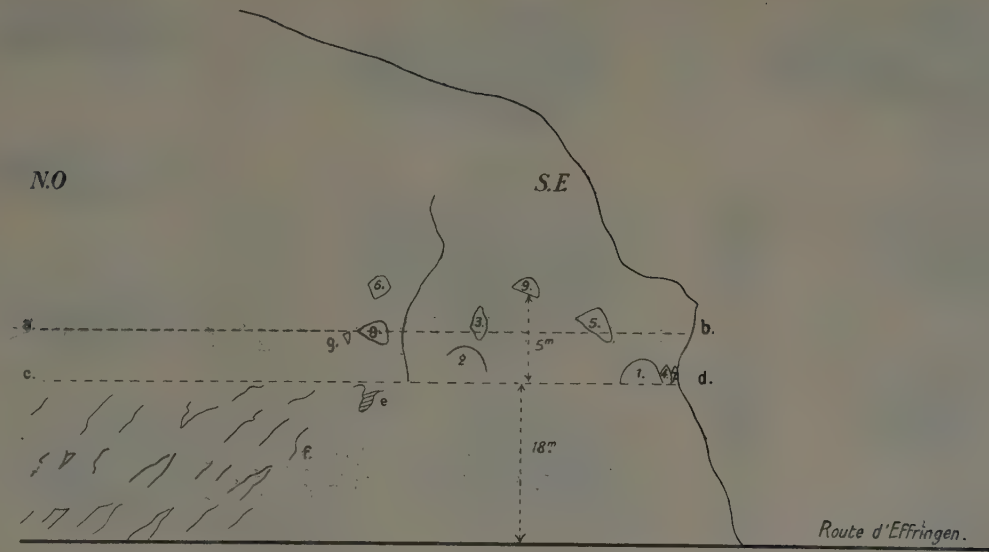
## Conclusions

Bien que certains instruments typiques de l'époque magdalénienne, comme harpons à deux rangs de barbelures, ciseaux en bois de cerf, fassent défaut à Istein, on peut dire que ces grottes ont été habitées depuis le magdalénien supérieur, leur industrie étant franchement paléolithique et se rattachant à cette époque. Les rares gravures ou ornementations sur os et sur pierre qu'on y rencontre, indiquent un art en complète décadence et semblent bien se rattacher à cette période de la fin du magdalénien. La faune de forêt très pure des cavernes d'Istein, l'aspect poli ou usé

---

(1) La pointe de harpon, signalée et dessinée par le Dr Otto Schœtensack, provient d'une grotte située entre Istein et Effringen, à proximité de ma station d'Istein, fouillée pour le compte du musée grand-ducal d'antiquités et d'ethnographie de Carlsruhe, par le professeur K. Schumacher. Ce fragment de harpon qui porte le caractère d'un instrument typique de l'époque magdalénienne se trouve à l'Institut géologique de Fribourg en Brisgau. *Voir* Schœtensack : *Ueber die Gleichzeitigkeit der menschlichen Niederlassung aus der Renntierzeit im Löss bei Munzingen unweit Freiburg. B. und der paläolitischen Schicht von Thaingen und Schweizersbild bei Schaffhausen* (*Archiv für Anthropologie. Neue Folge. Band I, Heft 2, 1903*, p. 76, fig. 4 *a* et 4 *b*).

Un fragment de harpon, moins typique, provenant des grottes d'Istein, se trouve dans mes collections.




*ab* Niveau atteint par les dépôts sableux amenés par les courants postglaciaires.
*cd* Niveau inférieur des grottes, à 18 mètres au-dessus de la route d'Effringen, à environ 30 mètres au-dessus du niveau actuel du Rhin.
*e* Poche sableuse en forme d'entonnoir avec molaires d'*Elephas primigenius*, silex taillés et ossements provenant de la grotte n° 8.
*f* Érosions longitudinales et en forme de cuvette à côté du four à chaux.

par le frottement de quelques silex ou objets en os, tendent à prouver que l'habitation de ces grottes s'est prolongée depuis le magdalénien supérieur, pendant une partie de la période de transition au néolithique, jusqu'à une époque où ces abris ont été rendus inhabitables par les crues et les inondations postglaciaires.

---

## Explication des planches

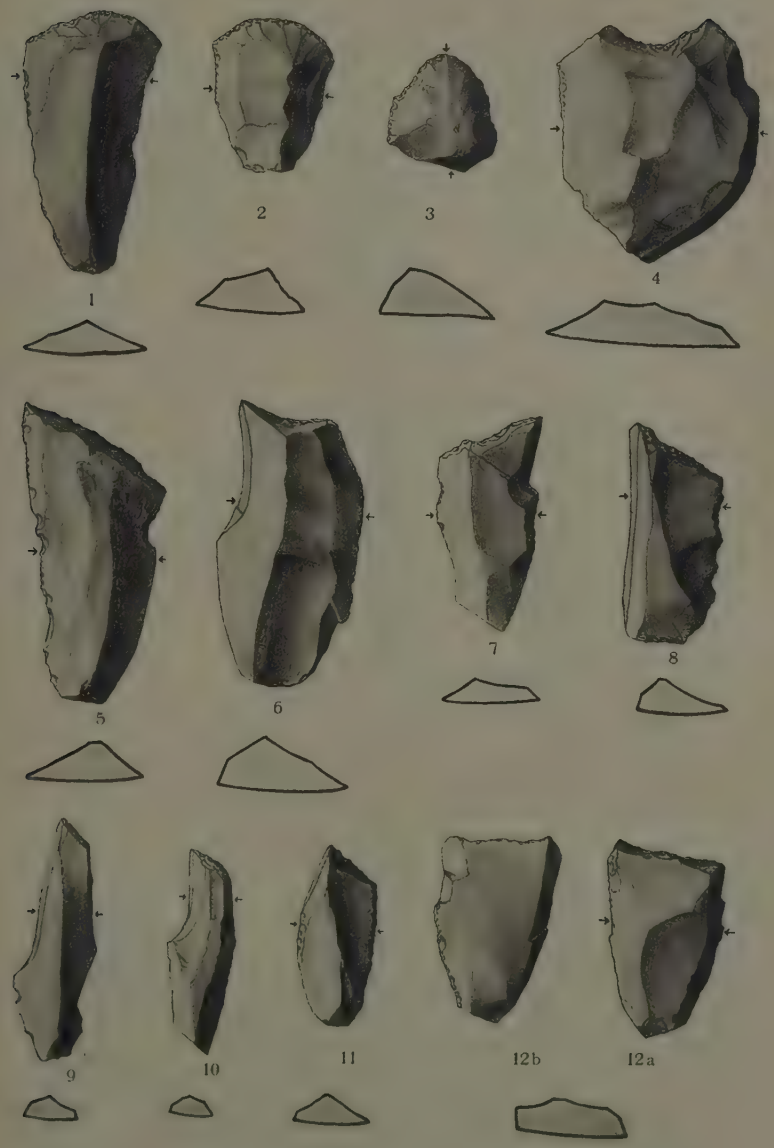
### Planche I

Grattoirs simples, fig. 1 et 2. Istein.
Petit grattoir, fig. 3. Istein.
Coche-grattoir, fig. 4. Istein.
Lame avec bec, fig. 5. Istein.
Burins incurvés avec retouche terminale, fig. 6, 7, 8, 9, 11. Istein.
Burin avec retouche terminale, fig. 10. Istein.
Lame avec deux burins latéraux et retouche terminale, fig. 12a. Istein.

### Planche II

Burin latéral incurvé avec retouche terminale, fig. 13 Istein.
Burin double, fig. 14. Istein.
Lames de canif, fig. 15, 16, 17. Istein.
Lame de canif, fig. 21. Kachelflue.
Lames à dos rabattu, fig. 19, 20. Istein.
Petite coche-grattoir, fig. 22. Kachelflue.
Burins latéraux avec retouche terminale, fig. 23, 24, 25. Kachelflue.

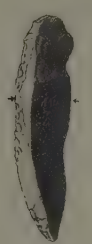
---

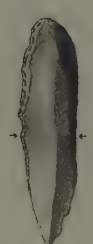



Glyptographie Alfred Ditisheim, Succ. de H. Besson, Bâle

13

14


15


16

17

18

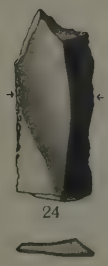
19

20

21

22

23


24

25

Glyptographie Alfred Ditisheim, Succ. de H. Besson, Bâle

# ORIGINE ET MODE DE FORMATION

DU

# MINERAI DE FER OOLITHIQUE

## DE LORRAINE

**Par M. Stanislas MEUNIER**

PROFESSEUR AU MUSÉUM, MEMBRE CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ

---

Depuis de longues années mon attention s'est portée sur l'étude des gisements de limonite oolithique, dont l'exemple le plus classique se présente dans le département de Meurthe-et-Moselle, et cette préoccupation m'a conduit à concevoir une opinion précise quant à l'origine et au mode de formation de cette intéressante substance.

J'ai opéré successivement par l'observation et par l'expérience synthétique et les résultats auxquels je suis parvenu peu à peu me paraissent d'autant plus acceptables que d'autres auteurs les ont, après moi, formulés plus ou moins complètement, de leur côté, pour des localités et pour des gisements divers.

### I — Le Gisement

C'est en 1834 que l'exploitation du minerai de fer oolithique a commencé en Meurthe-et-Moselle. Le premier haut fourneau a été construit en 1837 auprès de Chavigny. Toutefois, il paraît résulter de divers documents que, dès une bien plus grande antiquité, remontant peut-être au cinquième siècle de notre ère, les minerais toarciens étaient déjà traités dans des forges à bras.

On a recueilli de tous les côtés des vestiges de laitiers et de scories d'affinage parfois accumulés en volumineux « ferriers ». Le déblaiement de ces résidus a fourni des armes antiques, des débris d'outils, des tuiles, des vases très caractéristiques et même quelques statuettes en bronze et des monnaies. On a plus d'une fois traité ces ferriers au haut fourneau, comme de simples minerais encore rémunérateurs.

Progressivement, la production métallurgique a augmenté très rapidement et, maintenant, le minerai de fer oolithique joue dans l'économie générale du département de Meurthe-et-Moselle un rôle tout à fait remarquable. Il jalonne d'une manière presque exacte, par exemple auprès de Nancy, le contact mutuel du lias marneux au profil très doux et des falaises abruptes superposées de calcaire bajocien. On peut donc, même de loin, avoir une première idée de la continuité et de l'importance des gîtes : il est vrai qu'ils varient de richesse suivant les points, à peu près comme varient les sources placées à l'affleurement du contact mutuel d'un terrain perméable et d'un substratum étanche.

La formation ferrugineuse, dont les affleurements forment une demi-ceinture dans le nord et dans l'est de l'arrondissement de Briey, plonge vers l'intérieur avec un pendage général de l'ouest-sud-ouest et s'enfonce en augmentant de puissance à des profondeurs croissantes sous le bajocien et le bathonien. Les épaisseurs des terrains superposés approchent de 300 mètres vers l'ouest où la formation pénètre dans le département de la Meuse.

De proche en proche, les sondages ont démontré son existence sur 40 kilomètres du nord au sud et sur 24 kilomètres de l'est à l'ouest, soit sur une superficie de 54.000 kilomètres carrés. M. Rolland, en 1898, en a tracé approximativement la limite occidentale. « Elle figure, dit-il, trois grands promontoires allongés vers l'ouest et le sud-ouest. Au nord, c'est l'ancien *bassin de Longwy* où existe un premier groupe de concessions, dont une grande partie des minerais a déjà été extraite et qui, en y adjoignant quelques concessions récentes au sud-est, représente 10.622 hectares. Au centre et au sud, c'est le nouveau *bassin de Briey*, où l'on peut distinguer deux régions : la région méridionale de Briey, Conflans, Batilly, est dite parfois *bassin de l'Orne;* elle possède un second groupe de concessions accordées à la suite des sondages de 1882 et 1886 et comprenant 16.147 hec-

tares; on y retrouve déjà deux sièges d'extraction par puits à Jœuf et près d'Homécourt et trois autres en préparation à Auboué, Homécourt et Moutiers. La région centrale, enfin, d'Avril à Audun-le-Roman et à Baroncourt, que M. Rolland appelle *le bassin d'entre Moselle et Meuse*, découverte depuis 1892, ne présente pas moins de 22.000 hectares exploitables [1]. »

Cette formation affleure suivant une large zone qui s'étend d'abord de l'ouest à l'est, au travers de toute la région de Longwy, ainsi que sur la bordure limitrophe de la Belgique et dans le Luxembourg, puis qui, tournant à angle droit et se dirigeant du nord au sud, règne en Lorraine annexée, le long de la frontière jusqu'au delà de Metz et se retrouve plus loin dans la région de Nancy.

Le dépôt varie comme puissance et aussi comme nombre de couches. Sa plus grande puissance est entre Hussigny, Villerupt, Ottange et Esche. A la Côte Rouge, il atteint 27 mètres et l'on peut y voir cinq couches toutes exploitées, représentant ensemble 16 mètres de minerai. On peut, dans certaines directions, les suivre fort loin et on constate alors très fréquemment des amincissements progressifs et souvent très rapides : il en résulte la notion certaine de la forme lenticulaire des couches. La même disposition se retrouve dans les couches associées, même les plus stériles.

Les couches minces sont seules bien homogènes : dès que l'épaisseur est notable, on y voit une association de bancs différant les uns des autres.

L'argile et la marne y forment des veines et des veinules discontinues parallèles à la stratification; ou encore des mouches et des nodules plus ou moins larges et dont l'écartement varie suivant les cas.

Le plus généralement chaque couche de minerai est de structure complexe, comprenant des bancs qui varient par l'épaisseur, par l'étendue horizontale et par la couleur (c'est-à-dire par la composition). Il y a, de toutes parts, des ramifications capricieuses de veinules d'argile, des accumulations en forme de rognons de marnes ou de calcaires, des concrétions variées et en

(1) Georges Rolland, *Sur les gisements de minerai de fer oolithique du nouveau bassin de Briey (Meurthe-et-Moselle)* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXVI, 285, 1898).

particulier des boules creuses formées de limonite et renfermant du sable plus ou moins meuble [1].

Fréquemment, on y trouve des fossiles et spécialement des coquilles ou d'autres débris animaux parfaitement déterminables (au point qu'ils permettent de déterminer les horizons stratigraphiques) malgré leur profonde modification chimique : ils consistent souvent en limonite plus ou moins pure et exploitable [2]. Il en est de même pour des fragments de bois où le microscope retrouve des délinéaments de structure histologique et qui nous présentent un exemple classique de ferruginification.

Il est impossible de se faire une idée complète des gisements de fer oolithique de Lorraine sans mentionner les *mines de fer fort* qu'on trouve très communément en leur voisinage. On désigne ainsi des poches de forme extrêmement variée, ouvertes dans des masses calcaires par le moyen d'une érosion tout à fait incontestable et qui sont remplies de limonite plus ou moins concrétionnée et tuberculeuse, dérivant sans aucun doute d'un remaniement souterrain du fer oolithique ou des roches qui lui sont associées : Saint-Pancré et Aumetz peuvent être cités comme des points classiques pour le *fer fort*.

En de très nombreuses localités, comme Chavigny, Malzéville, Lay-Saint-Christophe, Arnaville, etc., on rencontre, dans les fissures du bajocien, des minerais de fer en grains de grosseurs différentes, disséminés dans des argiles ferrugineuses et sableuses. Tous ces points ont eu une période d'exploitation, et des hauts fourneaux s'étaient élevés dans leur voisinage ; actuellement ils sont abandonnés.

On peut signaler encore les environs de Pont-à-Mousson comme présentant, dans la masse même du calcaire bajocien, un niveau bien caractérisé d'oolithes ferrugineuses. La couche, qui a parfois 50 centimètres, repose sur des marnes très pauvres en fer et elle paraît avoir été exploitée anciennement en divers points, comme le bois de Grenet, entre Martincourt et Rogéville.

L'arrondissement de Nancy est beaucoup moins riche en gisements de fer en grains que celui de Briey. On n'y voit plus

---

(1) Pour l'origine de ces nodules creux dont le type est l'*Ætite* ou *Pierre d'aigle* des anciens naturalistes, voir : Stanislas Meunier, *Le Naturaliste*, XIV, 231, 1900.

(2) Les carriers désignent ces bancs sous le nom de « coquillages » et ils y trouvent des repères stratigraphiques.

guère d'exploitation : Saint-Pancré est la localité où le travail a persisté le plus longtemps ; elle avait été florissante dans un très grand nombre de points.

Le gisement est caractérisé, avant tout, par l'abondance d'une terre argileuse rouge qui se présente avec évidence comme un produit de rubéfaction et de décalcification dérivant des calcaires bajociens sous-jacents : en effet, la surface de ces calcaires est profondément érodée et souvent la roche est traversée de couloirs plus ou moins rectilignes, à parois verticales, et orientés d'une façon grossièrement régulière. Ainsi, aux environs mêmes de Saint-Pancré, les directions de beaucoup les plus fréquentes sont l'une N-2° 1/20 et E-21° N ; elles se recoupent en beaucoup de points et sont parallèles aux joints qui traversent les roches du pays.

L'argile, plus ou moins sableuse suivant les points, se divise au moindre choc en blocs pseudo-réguliers à surfaces lisses très fréquemment enduites de manganite parfois dendritiforme. La cassure est conchoïde et la ressemblance est intime avec les argiles de décalcification si fréquente dans les portions étroites et profondes des puits naturels traversant le calcaire grossier de Paris, au-dessous du diluvium rouge (Ivry, Arcueil, Auvers, etc.) [1].

C'est dans ces argiles que le minerai de fer est disséminé, soit en pisolithes, soit en rognons de volume et de forme très variables et généralement caverneux. La poussière en est tantôt jaune, tantôt rouge-brun, d'après l'état d'hydratation du fer et quelquefois aussi d'après la proportion de manganèse. La gangue est constamment quartzeuse : le quartz tapisse des géodes en plein minerai ; il constitue aussi des blocs de taille parfois notable et dont on a fait du macadam.

## II — La Composition chimique des Minerais

La substance essentielle du minerai est de la limonite globuliforme en ovoïdes, ne mesurant pas plus de 1/2 à 1/4 de millimètre de diamètre et qui sont reliés les uns avec les autres par une argile sableuse, parfois calcaire, parfois siliceuse et toujours ocreuse, disposée en couches régulières.

---

(1) Stanislas Meunier, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 29 mars 1875.

Cette argile, qui recouvre en beaucoup de points le niveau oolithique, est très fréquemment passée elle-même à l'état de minerai, par le mélange de nodules de grosseur très variée, de plaquettes ou de concrétions de limonite. C'est cette nouvelle variété, très différente de la précédente, qui est connue dans la région sous le nom de *fer fort,* ainsi que nous l'avons déjà dit.

D'après de nombreuses analyses, sa composition est celle du peroxyde de fer hydraté (ou limonite) avec mélange de nombreuses substances, parmi lesquelles dominent la silice, l'alumine et plusieurs autres.

On peut, comme moyenne, choisir les chiffres donnés par Braconnier [1] pour le minerai de fer de Laxou :

| | |
|---|---|
| Silice | 6,7 |
| Alumine | 2,8 |
| Peroxyde de fer | 75,2 |
| Chaux | 0,3 |
| Acide phosphorique | 1,6 |
| Perte au feu (eau) | 13,3 |
| Total | 99,9 |

On y trouve une petite quantité de matière organique.

Les variantes à cette composition sont extrêmement nombreuses et elles sont surtout intéressantes par leur rattachement évident à des causes d'altération venant de la surface. C'est ainsi que les échantillons extraits d'une grande profondeur sont plus généralement carbonatés et renferment du fer sulfureux (pyrite ou marcasite suivant les cas).

D'un autre côté, les matériaux associés au minerai et qu'on peut comparer à des gangues, sont en proportions fort inégales d'après des circonstances qu'on ne découvre pas tout de suite. C'est ainsi que, d'une manière générale, les échantillons pris à l'ouest du bassin de Briey sont riches en silice, tandis que ceux qui proviennent de l'est du même bassin sont plutôt calcaires.

La quantité d'alumine non saturée par la silice et à l'état d'hydrate assez comparable à la bauxite, est très inégale d'une région à l'autre. Parfois on a été conduit à la supposer à l'état d'aluminate de fer et même de silico-aluminate (chamosite ou

---

[1] *Description des terrains qui constituent le sol du département de Meurthe-et-Moselle,* 1 vol. in-8. Nancy, 1879, p. 174.

chlorite) comme dans le minerai d'Hayange, aux environs de Metz.

En étudiant avec un soin suffisant de nombreuses variétés de minerai, on arrive à reconnaître que cette complexité de composition tient avant tout à la complication de l'histoire de la substance étudiée, laquelle a traversé des phases extrêmement différentes les unes des autres et que nous essaierons de reconstituer un peu plus loin.

Bornons-nous pour le moment à dire que, dans la région de Meurthe-et-Moselle, la distinction s'impose presque d'elle-même entre trois niveaux superposés : sous une zone marneuse et micacée qui sert de substratum aux calcaires bajociens, on observe un étage dit *couche rouge*; plus bas, se présente la *couche grise* et enfin la *couche noire*. Ces nuances sont loin d'être fixes, parce qu'il y a eu à maintes reprises des suintements dont l'effet a été d'altérer progressivement la composition des minéraux primitifs. Ainsi on connaît, en certains points de la partie la plus inférieure, une couche verte dont la composition, qui rappelle celle de la chamosite de Cordier, est essentiellement différente de celle des couches superposées et qui pourrait, à la faveur d'altérations convenables, retourner à l'état de limonite.

On n'est donc pas étonné de constater que la couleur des grains de minerai est très variable dans les diverses régions du gisement : le jaune mat, le jaune-brun brillant, le jaune-rougeâtre sont les couleurs les plus ordinaires; ces grains peuvent aussi être rouges, rouge-brique, verdâtres et bleuâtres.

A mesure qu'on s'éloigne de la surface du sol, la couleur des grains se fonce : elle passe au brun, au violacé, puis au vert ou au bleuâtre. En même temps la proportion du sesquioxyde de fer diminue et celle du protoxyde augmente.

On remarquera que le phosphore figure d'une manière très fréquente dans la composition du minerai qui nous occupe. Les couches de minerai oolithique du toarcien de Lorraine (et il en est de même pour la suite de la formation dans le grand-duché de Luxembourg) renferment 0,006 d'acide phosphorique, c'est-à-dire 0,003 de phosphore. Il en est exactement de même pour le minerai de Cleveland du même niveau en Angleterre. Et c'est peut-être le cas de remarquer qu'à bien d'autres horizons géologiques les minerais de fer se signalent par leur richesse en

phosphore. On a calculé que, de ce chef, et en ne considérant que la France, la Belgique et l'Angleterre, il passe annuellement 30.000 tonnes de phosphore par les hauts fourneaux : il ne faut pas beaucoup d'années pour que cette quantité représente la somme de phosphore contenue dans la population humaine tout entière.

Enfin, il est intéressant, à propos du fer sulfuré mentionné tout à l'heure, de constater que la pyrite existe en particules indiscernables surtout dans les minerais bruns, verts et bleus. Elle y forme souvent des veinules visibles et peut même se présenter en cristaux nets atteignant un centimètre de côté.

Dans les parties voisines de la surface, cette pyrite s'est oxydée et a donné du gypse aux dépens de calcaire voisin : on ne trouve plus dans le minerai que de faibles traces de soufre.

Assez souvent, l'oxyde de manganèse se signale par la nuance noirâtre de taches dans les joints naturels de division.

Comme autres substances, il faut mentionner la magnétite et des corps métalliques comme la blende [1] et la galène avec leur gangue si fréquente de barytine, les unes et les autres le plus souvent en particules indiscernables et pouvant se présenter exceptionnellement sous la forme cristalline. L'analyse révèle partout de l'arsenic et du titane.

Ajoutons que la gangue du minerai est variable, siliceuse, argileuse ou calcaire. Les minerais siliceux sont souvent friables parce qu'ils sont sableux : le quartz en constitue la gangue sous la forme de grains arrondis, translucides, atteignant parfois la grosseur d'un grain de millet. La gangue argileuse est toujours très ferrugineuse.

D'après Braconnier (p. 174), elle donne à l'analyse :

| | |
|---|---|
| Silice | 15,7 |
| Alumine | 9,6 |
| Peroxyde de fer | 54,3 |
| Chaux | 7,2 |
| Magnésie | 0,6 |
| Acide phosphorique | 0,4 |
| Perte au feu | 12,1 |
| Total | 99,9 |

Mais ces chiffres varient beaucoup d'une variété à une autre.

(1) On peut ajouter que de notables quantités de zinc métallique ont été, à diverses reprises, découvertes dans les maçonneries des hauts fourneaux démolis ou soumis à des réparations.

## III — Structure caractéristique du Minerai

Un des traits les plus remarquables du minerai qui nous occupe concerne sa structure qui est essentiellement *oolithique*. A cet égard, il est de première nécessité de bien préciser la définition de cet état morphologique, car on s'est fréquemment servi de la même expression pour qualifier des choses absolument différentes.

Certains auteurs ont, en effet, appelé *oolithiques* des roches constituées par l'agglutination de petits grains pierreux ayant environ la grosseur des « œufs de poisson » et pouvant avoir les origines les plus diverses. C'est ainsi que, il n'y a pas beaucoup d'années, un géologue affirmait avoir reconnu autour de Paris une demi-douzaine de niveaux oolithiques : parce qu'il confondait sous ce même nom des roches globulifères de catégories fort diverses et même, dans le nombre, des produits d'agglutination de petites algues calcaires sphéroïdales.

Ce qui constitue la structure oolithique, c'est d'être à la fois *concentrique* et *rayonnante*. Elle est portée à son maximum dans maint calcaire et peut se retrouver dans beaucoup d'autres roches : pour la bien voir, il faut tailler des lames minces passant par le centre des oolithes et les observer au microscope.

On reconnaît alors que les couches concentriques, formées d'éléments cristallins convergeant vers le centre, sont ordonnées autour d'un point central que Bleicher a étudié (1). Ce grain consiste souvent, et spécialement dans les échantillons provenant de Ludres, de Malzéville et de Chaligny, en un débris lui-même pénétré de limonite provenant d'une coquille de mollusque, d'un squelette de bryozoaire ou d'un test de foraminifère. Il arrive que la détermination n'en puisse être précisée.

Il est commode, pour pénétrer plus avant dans l'examen de la structure des oolithes, de les faire macérer dans des acides étendus d'eau, ou dans des acides concentrés, voire dans les mélanges d'acides les plus actifs, comme est l'eau régale (mélange d'acides chlorhydrique et azotique), à des températures diverses. On est intéressé en constatant, à la suite de Bleicher, qu'en opérant ainsi

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXIV, 590, 1892.

on peut décolorer complètement l'oolithe, tout en lui laissant sa forme et sa structure (1). Ce produit est presque incolore et on peut le tailler en lames minces.

L'ensemble a une apparence comparable à celle des grains d'amidon ; la matière n'est pas cristalline, mais elle renferme de petits corpuscules, qui sont peut-être de nature siliceuse.

Tous ces détails de structure se retrouvent sans variante, mais avec des dimensions plus favorables à l'étude, dans les pisolithes du fer fort et de tous les dépôts dits *sidérolithiques*. Nous en avons étudié beaucoup au Muséum, provenant des départements du Cher et du Jura ainsi que de divers pays étrangers. Il en résulte que le volume des oolithes peut passer à celui des vraies pisolithes, sans qu'il s'ensuive la moindre modification de structure, pas plus d'ailleurs que de composition.

Il importe enfin d'ajouter que les oolithes de limonite ne se trouvent pas seulement, dans la formation qui nous occupe, en amas associés seulement à des argiles ou à des sables, mais qu'on en rencontre encore qui sont disséminées, avec une abondance variable, en pleine masse de beaucoup de roches calcaires. Ces calcaires peuvent être blanchâtres ou jaunâtres et on y voit çà et là de petits globules ocreux qui sont tout à fait identiques à ceux dont l'accumulation constitue les couches des minerais.

Ajoutons que dans les oolithes, les matières associées à la limonite sont pour l'ordinaire ocreuses comme les argiles ou les masses sableuses. On peut y trouver des fossiles, parfois même extrêmement abondants, et qui sont formés de limonite dans toute leur masse. C'est le cas très souvent observé pour des ammonites (Am., *Aalensis*, Ziet), pour *Belemnites tripartitus*, Schlot., *Gryphea ferruginea ;* Terq., *Ostrea calceola ;* Ziet, *Trigonia navis ;* Lam., *Cardium subtruncatum* d'Orb., etc.

Ce sont des détails dont il faudra tenir le plus grand compte au point de vue de la théorie.

---

(1) Une belle pisolithe de 6 millimètres de diamètre, provenant de Cochinchine, et dont (la forme sphéroïdale primitive et la structure concentrique étaient parfaitement conservées) m'a donné de cette manière une substance renfermant :

| | |
|---|---|
| Silice | 82,00 |
| Alumine | 7,87 |
| Sesquioxyde de fer | 2,58 |
| Eau | 4,25 |
| Total | 97,25 |

## IV — Origine et mode de formation du Minerai

Il nous reste maintenant à combiner les résultats procurés par nos études précédentes quant au gisement, quant à la composition et quant à la structure du minerai oolithique, en vue de déterminer l'origine et le mode de formation qu'il convient de lui attribuer.

C'est un sujet qui a déjà été traité par un grand nombre d'auteurs et nous devons tout d'abord résumer très rapidement quelques-unes de leurs conclusions.

On a souvent, et tout naturellement, appliqué à ce problème le point de vue ordinaire de l'ancienne géologie, qui consiste à rattacher tous les caractères d'une formation aux conditions régnant au moment même de son dépôt.

Braconnier (1) prétend tirer une notion d'origine de la forme même des couches. Suivant lui, leur disposition lenticulaire « s'explique très bien lorsque l'on reconnaît que le dépôt de minerai s'est effectué sous la mer sur les bords d'un grand golfe situé à l'est du grand bassin jurassique parisien. La forme lenticulaire, signalée ci-dessus, est analogue, ajoute-t-il, à celle des bancs de sable et de vase plus ou moins calcaires qui s'accumulent au fond de tous les golfes. On comprend aussi pourquoi la formation ferrugineuse, dans son ensemble, diminue généralement de puissance de la circonférence vers l'intérieur. La nature des fossiles marins qu'on rencontre en abondance dans les minerais, la présence de nombreux fragments de bois, la structure oolithique, l'obliquité des veines de calcaire formé le plus souvent de coquilles brisées et agglutinées, la disposition oblique des lits de calcaire ferrugineux sont autant de preuves à l'appui d'un dépôt littoral. L'oxyde était progressivement rejeté sur le rivage ». D'après la structure du minerai et la présence, dans sa masse, de bois ayant évidemment flotté et de test d'animaux ayant certainement vécu dans des eaux peu profondes, on peut affirmer que les calcaires ayant été épigénisés en limonite, étaient, en effet, de formation littorale.

Cette circonstance n'a d'ailleurs qu'un intérêt extrêmement

(1) *Terrains du département de Meurthe-et-Moselle*, p. 203.

secondaire, puisque la transformation s'est faite infiniment longtemps après le dépôt et infiniment loin des conditions originelles. Il a fallu que la couche considérée ait été recouverte de dépôts plus récents et sans doute très épais qui l'ont éloignée de la surface du sol et amenée jusqu'à des régions où le degré géothermique était alors compatible avec les modifications constatées. Plus tard un soulèvement a ramené les masses vers la surface et l'érosion a supprimé une partie du recouvrement oolithique; parfois même des assises superposées à celui-ci et par conséquent plus récentes. Il est possible que, dans leur prolongement suffisamment profond, les couches toarciennes continuent à subir la réaction des circulations ferrugineuses.

Bien plus récemment, M. P. Villain (1) adoptant à son tour la condition littorale dominant pendant la constitution du gîte, rattache celui-ci au jaillissement de sources ferrugineuses au fond de la mer toarcienne. Selon lui, ces sources ferrugineuses sont venues de la profondeur par des fissures de l'écorce terrestre coïncidant avec des failles dont la plupart sont bien reconnues aujourd'hui. Tous les auteurs cependant semblent admettre que ces failles sont postérieures au dépôt du minerai. Mais M. Villain trouve qu'il est bien plus naturel de « supposer que les mouvements du sol postérieurs au dépôt du minerai oolithique et qui ont contribué à donner à la surface son relief actuel, se sont effectués suivant des cassures préexistantes, qui déterminaient des lignes de moindre résistance dans l'écorce terrestre ».

« Le système des cassures dans le bassin de Briey, ajoute l'auteur, semble avoir pris son équilibre à l'époque tertiaire. C'est à ce moment qu'une série d'émergences thermales a pu engendrer, par un retour d'activité de l'énergie interne, les minéraux dits *fer fort* toujours superposés au fer oolithique. L'activité des sources thermales ayant été fort variable d'un point à un autre, on s'explique aisément que les différentes couches du gisement présentent une valeur très inégale dans les différentes localités du bassin. En Lorraine, le centre principal des émissions ferrifères est situé (aussi bien pour les minerais liasiques que pour les minerais tertiaires) entre Audun-le-Tiche et Esch-sur-Alzette. Ces émissions s'expliquent par la grande faille d'Audun-le-Tiche qui

(1) P. Villain, *Sur la genèse des minerais de fer dans la région lorraine* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXVIII, 1291, 1899).

occasionne un rejet de plus de 100 mètres dans la région. Du centre d'émission principal qui devait se trouver non loin de Bonvillers, l'élément ferrugineux, qui se précipitait sans cesse dans le sein des eaux sous forme d'oxyde pulvérulent, grâce à l'apport continuel des sources, s'est dispersé inégalement dans les différentes directions suivant les pentes favorables du fond de la mer. Il convient de remarquer que la théorie des *failles nourricières* donne parfaitement l'explication des faits qu'on voulait rattacher autrefois à la *théorie des affleurements*. Les bons minerais, disait-on, ne se trouvent qu'aux affleurements. Cela se comprend en observant que les érosions se sont produites principalement *suivant le trajet d'anciennes failles*. Quand ces failles avaient été nourricières, le cours d'eau emportait dans ses alluvions la partie du gisement comprise dans les terrains détruits qui était généralement la plus riche. Il laissait sur les flancs de la vallée des lambeaux de couches dont la minéralisation et la puissance diminuaient au fur et à mesure qu'on s'écartait de l'axe de la vallée, c'est-à-dire de la faille nourricière. »

De son côté, M. Georges Rolland a publié une théorie dont la partie essentielle peut être résumée en peu de mots : « Les minerais de fer oolithique, dit-il (1), sont considérés comme sédimentaires et comme contemporains des couches qui les renferment ; comme des formations littorales dont les divers matériaux étaient apportés par des eaux continentales dans des estuaires maritimes. Leurs oolithes ferrugineuses ont dû être formées (à la manière des oolithes calcaires) par la précipitation du carbonate de fer en dissolution dans les eaux marines ; les sels qui leur ont donné naissance provenaient des continents voisins et résultaient, soit de la décomposition des pyrites, soit de la décalcification des calcaires ferrugineux. Si on compare les courbes d'épaisseur et de teneur en fer, on trouve entre elles une concordance grossière permettant de dire que, le plus souvent, l'épaisseur et la teneur varient dans le même sens d'une région à l'autre. Mais parfois on observe l'inverse et il n'y a plus de relation quand on entre dans les détails ; en effet, les oolithes ferrugineuses ayant dû être distribuées dans les courants marins, on comprend que de légères variations dans l'intensité de ceux-ci aient amené par places une

(1) Georges Rolland, *A propos des gisements de fer oolithiques de Lorraine et de leur mode de formation* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXXII, 444, 1901).

plus grande quantité de matière stérile ou inversement. Ma conclusion générale c'est que ces minerais sont bien de nature sédimentaire et d'origine continentale. »

Amené par le sujet général qui l'occupe à dire son opinion sur la question, M. A. Lacroix (1) déclare de son côté qu'il accepte volontiers « la contemporanéité de la formation des oolithes ferrugineuses et des calcaires qui les renferment et l'origine continentale du fer ».

Quant aux détails, Braconnier pense (2) que les formes et les aspects divers de la limonite s'expliquent très bien « si l'on admet que cet oxyde a été formé par la peroxydation à l'air et la décomposition du carbonate de fer tenu en dissolution dans l'eau ».

« Lorsque, dit-il, l'oxyde de fer s'est déposé dans des golfes à ouverture étroite et par conséquent d'une eau déjà concentrée par évaporation, il se présente sous la couleur rouge vif. »

Un peu plus loin le même auteur déclare qu'on ne peut trouver l'origine du carbonate de fer ni à la surface des continents ni dans l'eau de la mer : « On est obligé d'admettre que ce carbonate a été amené par des eaux minérales venant d'une grande profondeur. Les eaux chargées d'acide carbonique, lorsqu'elles descendent, par les fissures de l'écorce terrestre, à de grandes profondeurs auxquelles règnent des températures assez élevées et de fortes pressions, sont, en effet, capables de décomposer les roches et de dissoudre une portion de leurs éléments, en ne laissant à leur place qu'un résidu plus ou moins poreux. »

Il faut cependant remarquer que les partisans de la contemporanéité du minerai et des couches qui le contiennent sont un peu embarrassés par la richesse de celles-ci en fossiles. « Le dépôt d'oxyde de fer, dit Braconnier (3), ne paraît pas avoir chassé les animaux marins comme cela a eu lieu lors du dépôt du sel dans les golfes intérieurs. » Mais ils s'en tirent en supposant que « les couches de minerai ont dû se former tout aussi lentement que les autres sédiments ».

Quant à expliquer comment le test des coquilles peut être lui-même constitué entièrement par de la limonite qui, évidemment,

---

(1) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. III, p. 383. 1901.
(2) *Loc. cit.*, p. 57.
(3) *Loc. cit.*, p. 203.

s'est substituée à la matière calcaire primitive, ils n'y font pas même allusion.

Quelques-uns cependant se préoccupent d'expliquer l'état oolithique si caractéristique du dépôt.

Pour le calcaire oolithique, Braconnier émet l'avis (1) qu' « il paraît extrêmement probable que le calcaire oolithique s'est déposé dans des eaux animées d'un mouvement sensible de va-et-vient, les grains de sable très fins soulevés par ces eaux ont été entourés de couche concentriques du calcaire qui se précipitait de sa dissolution ». Et il est évident qu'il ne ferait pas de difficulté pour étendre à la limonite le mécanisme qu'il admet pour le calcaire.

Allant plus loin, M. Thoulet a étudié (2) un fond marin côtier provenant de la Manche (profondeur 25 mètres) à l'est de New-Haven (latitude 50° 43′ 30″ N, longitude 2° 13′ ouest de Paris). On y voit 6 °/₀ d'un *sable lourd* composé de nodules de limonite pisolithique dont la majorité est d'un noir brillant, le reste de couleur rouge brique mat et jaune ocreux. « Les nodules de limonite, dit l'auteur, sont identiques comme aspect aux nodules contenus dans les terrains jurassiques de Lorraine. La plupart sont *mamelonnés, noirs* et comme *vernis*. Traité microchimiquement par les acides azotique et chlorhydrique, ils donnent la réaction du phosphore et laissent un résidu de *silice gélatineuse*. Sa conclusion est « que les nodules de Lorraine pourraient avoir une origine comparable à celle de ces productions actuelles (3) ». Toutefois, il semble, d'après cette remarque, que l'auteur ait moins en vue le fer oolithique que le *fer fort* ou sidérolithique et cependant celui-ci ne paraît guère pouvoir être rattaché à un processus marin.

Sans insister davantage sur ce côté, pour ainsi dire historique, de la question, nous allons étudier le problème d'une manière complètement indépendante des solutions qui en ont été proposées et, pour parvenir plus sûrement à notre but, nous diviserons la question en plusieurs points.

Pour commencer, considérons le point de vue morphologique

(1) *Loc. cit.*, p. 44.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXLV, 1241, 1907.

(3) Voir le mémoire de M. Thoulet, *Études des fonds marins de la baie de Seine* in *Annales hydrographiques*, 1908-1909.

et demandons-nous comment le minerai a acquis la structure oolithique qui le caractérise d'une manière si remarquable.

On sait que, bien que cette structure soit donnée à certaines substances sous nos yeux mêmes par des dispositions géologiques très faciles à analyser, il ne semble cependant pas que ces observations actuelles soient applicables à notre sujet.

Nous faisons allusion à la concrétion du calcaire dans les eaux tumultueusement tourbillonnantes des sources bicarbonatées. A Tivoli, à Saint-Philippe de Toscane, à Hammam-Meskoutine et bien ailleurs, on voit le fond du bassin fontigénique se garnir d'une collection d'oolithes ou de pisolithes consistant dans la concrétion successive de minces feuillets sphéroïdaux et concentriques de chaux carbonatée, autour d'un petit grain balloté dans l'eau gazeuse et qui exerce le pouvoir d'un centre d'attraction. Parfois, à la calcite vient s'associer la pyrite de fer et c'est ce qui a lieu dans la source algérienne, mais jamais rien ne se dépose ainsi qui ne soit cristallisable.

Or, l'examen des oolithes, dont les couches calcaires sont formées dans tant de régions et spécialement dans les régions jurassiques, montre du premier coup d'œil que ce procédé, si favorable, par exemple, à l'explication du Rocher des Célestins, à Vichy, ne s'applique, en aucune façon, à l'interprétation des couches marines. Il est fréquent, en effet, de trouver dans celles-ci des oolithes où la section révèle la coexistence de deux ou de plusieurs centres qui, après avoir agi séparément, se sont laissés envelopper de compagnie dans un certain nombre de revêtements communs. Ici, le procédé fontigénique est évidemment rendu tout à fait impossible, le ballottement dans l'eau devant nécessairement séparer les uns des autres les petits centres attractifs.

Du reste, on trouve très rapidement dans les couches jurassiques des fossiles de tous genres dont les cavités souvent étroites ont reçu des oolithes et parfois en grand nombre, là où les tourbillonnements eussent sans doute été impossibles comme vers l'extrémité des tours de spire des étroites Nérinées.

Il faut donc, de toute nécessité, trouver autre chose et l'observation ne tarde pas à procurer les éclaircissements dont elle est si prodigue envers qui la sait convenablement interroger. Elle montre, en effet, que maintes masses rocheuses sont, après leur solidification, le théâtre de mouvements intestins qui séparent les

matières cristallisables de celles qui sont amorphes, pour les concentrer peu à peu autour de certains points, en oolithes véritables. Sans nous attarder à l'accumulation des exemples, citons comme spécialement probante l'acquisition, par certains limons argilo-calcaires très récents, de la structure dont il s'agit. Le lœss solidifié des environs de Lyon a procuré à Fournet des résultats de ce genre (1) : dans le lieudit Au-Bois, au Mont-d'Or lyonnais, il a observé des plaques lenticulaires de lœss sableux et complètement solidifié, au milieu desquelles sont des oolithes de 1 à 5 millimètres, parfaitement régulières.

En maints endroits, la masse des roches calcaires présente des effets analogues. Vézian (2) a observé aux environs de Barcelone « les fissures par où sont arrivées dans ce pays les eaux pétrogéniques qui ont déterminé la formation du tuf et du travertin : elles sont remplies d'un albâtre calcaire fibreux renfermant des pisolithes de la grosseur d'un pois ou d'une noisette. La structure de ces pisolithes est à la fois concentrique et rayonnée. Dans quelques cas, cette double structure se prolonge autour des pisolithes et s'efface insensiblement dans le calcaire fibreux qui les contient ».

Sans épuiser le sujet, je peux mentionner de vraies pisolithes gypseuses que j'ai rencontrées, il y a peu d'années, dans les marnes tongriennes de Sannois (3) et qui présentent ce caractère remarquable de reproduire par des spécimens naturels, le résultat d'expériences où j'avais assisté précédemment à la cristallisation spontanée du gypse aux dépens du plâtre gâché et solidifié (4).

La conclusion de ces différents faits semble bien évidente : c'est que le calcaire oolithique doit sa structure caractéristique à un travail intestin ou moléculaire, déterminé par l'attraction mutuelle de particules possédant les mêmes caractères cristallographiques et qui se groupent en conséquence autour de certains centres d'attraction. La boue primitivement déposée dans la mer pouvait être très complexe et renfermer, outre le carbonate de chaux, une proportion plus ou moins forte d'argile, de marne, de

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, XXXVII, 926, 1853.

(2) *Prodrome de Géologie*, I, 501. Paris, 1863.

(3) *Variété nouvelle du gypse de Sannois* in *Bulletin du Muséum*, XIV, 70, 1908.

(4) *Sur un cas remarquable de cristallisation spontanée du gypse* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXXVII, 942, 1903).

sable, etc. : ces corps sont restés relativement inertes pendant le déplacement de la calcite et se sont trouvés refoulés dans les interstices des oolithes à l'état de matière conjonctive ou ciment : substance parfois si abondante qu'à cause de ses qualités physiques et chimiques, les oolithes y sont disséminées à de grandes distances les unes des autres.

Le phénomène dont il s'agit, c'est-à-dire l'acquisition, par le calcaire, de la structure oolithique, se présente comme caractérisant une étape dans l'évolution normale (c'est-à-dire moyenne) des roches formées de carbonate de chaux prédominant et c'est ce que j'ai eu l'occasion de développer récemment [1]. Ce que j'en veux retenir ici c'est que la boue sous-marine ancienne, jurassique, par exemple, présentant au début une structure terreuse sensiblement uniforme, a traversé des conditions fort diverses par le seul fait de son recouvrement progressif par des sédiments de plus en plus récents. Après un temps suffisamment prolongé, elle a pénétré ainsi du domaine superficiel à température dérivée du Soleil et dès lors plus ou moins variable, dans les régions profondes à température d'origine interne et conséquemment constante pour chaque profondeur, l'eau d'imprégnation et de circulation interstitielle des roches y jouissant des propriétés mises en évidence par les expériences de Sénarmont et dont les effets se traduisent, selon les cas, par la réalisation des divers produits métamorphiques. La cristallisation du calcaire s'est développée peu à peu et a provoqué la constitution oolithique qui demande apparemment, pour être bien complète, le laps de temps qui s'est écoulé depuis l'époque jurassique jusqu'à la période actuelle.

C'est ainsi qu'on peut, en bien des cas, déterminer l'âge d'un calcaire par cette seule contexture. Il est vrai qu'il arrive de rencontrer, quoique rarement, et en mettant de côté les résultats du processus fontigénique, des roches plus jeunes que le jurassique et qui sont déjà oolithiques : mais cela s'explique toujours par des circonstances spéciales et, par exemple, par l'intervention de quelques corps cristallogéniques comme le sel marin, pour le gypse. Il est vrai aussi qu'inversement bien des roches calcaires jurassiques ne sont pas oolithiques, mais il y a bien des raisons

(1) *La Géologie générale*, 1 vol. in-8 (2e édition), p. 127. Paris, 1909.

de croire que, souvent, elles l'ont été et qu'elles ne le sont plus, ayant été soumises à des réactions qui d'habitude sont plus lentes à se faire sentir et qui développent dans le calcaire un stade évolutif plus avancé. A ce titre, rien n'est plus instructif que la comparaison des roches entièrement oolithiques du terrain bathonien de Marquise (Pas-de-Calais) ou de Caen (*oolithe miliaire*) ou du Cher, — avec les calcaires marbres du Bugey et des Pré-Alpes, qui sont du même âge et où la structure lamellaire s'explique tout de suite par l'énergique déploiement du métamorphisme orogénique, qui est venu ajouter ses effets à ceux du métamorphisme normal (ou bathydrique).

Il est, en outre, facile de constater en maintes localités que des bancs, parfaitement oolithiques en certains points, se modifient peu à peu, dans une direction donnée, pour passer à des masses qui, ou bien sont restées terreuses, ou bien sont déjà devenues spathiques et marmoréennes; la composition intervient autant que l'intensité du métamorphisme éprouvé.

Ce point de vue une fois admis, que la structure oolithique est le résultat du travail spontané de masses calcaires primitivement uniformes et terreuses, il y a pour nous le plus vif intérêt à comparer les calcaires oolithiques ainsi produits aux limonites également oolithiques dont il s'agit d'expliquer l'origine et le mode de formation.

A cet égard, il est facile de rapprocher des échantillons qui ne diffèrent vraiment aux yeux que pour la couleur, blanche chez les uns, ocreuse chez les autres. La manière d'être au point de vue physique est entièrement semblable. Des deux parts, se signalent de petits globules plus ou moins abondants au sein d'une masse générale où il est facile de reconnaître, ici de l'argile, plus loin du sable, etc. D'ailleurs, il n'est pas rare, dans le département de Meurthe-et-Moselle, par exemple vers Bouxières-aux-Dames, de passer sans quitter une couche donnée du minerai exploitable à des masses de plus en plus calcaires ou de moins en moins ocracées et, de proche en proche, à des calcaires proprement dits.

Il y a bien longtemps que la vue de semblables passages m'avait, pour ma part, donné l'idée que la couche ferrugineuse pouvait bien être un résultat de la transformation d'une assise primitivement calcaire.

A cet égard, les arguments principaux parurent devoir être fournis par la méthode expérimentale. L'appareil consiste dans une *éprouvette à dessécher*, dont on obstrue la portion étranglée par un tampon d'amiante et qu'on remplit du produit de désagrégation d'une variété convenablement choisie de calcaire oolithique : des spécimens provenant de Marquise et de Tonnerre ont été souvent employés (1). Une fois la colonne remplie avec les précautions nécessaires, on la recouvre de quelques centimètres de gravier afin de la maintenir bien stable, puis on arrose le tout avec une dissolution plus ou moins étendue (généralement *très étendue*), froide ou chaude suivant les cas, de sulfate de protoxyde de fer.

On constate, au bout d'un temps suffisant, que le liquide sortant par le bas de l'éprouvette ne contient que du sulfate de chaux, tout le fer ayant été arrêté par le calcaire, qui prend tout de suite, à la partie supérieure, la couleur ocreuse caractéristique. Mais, chose très curieuse et imprévue, il suffit de faire durer quelques heures l'expérience en renouvelant la solution ferrugineuse, pour reconnaître que beaucoup de sulfate de fer passe inaltéré et peut se retrouver dans le liquide rejeté. Ce fait aura beaucoup d'applications dans l'explication des faits naturels.

Par exemple, il rend très facilement compte d'une particularité des gisements que nous avons déjà mentionnée et qui a une grande importance : elle concerne l'existence d'oolithes de limonite disséminées dans une roche calcaire, peu ou point ocreuse. En mentionnant dans sa *Minéralogie de la France* (2) les expériences qui nous occupent, et que j'avais antérieurement publiées, M. A. Lacroix disait : « Je suis surtout frappé de l'identité de structure que présentent (oolithes mises à part), dans une même localité, les calcaires extrêmement riches en oolithes ferrugineuses et ceux qui en renferment peu et qui passent à des calcaires n'en renfermant pas ; cette identité me semble incompatible avec une transformation aussi radicale que celle qui devrait être la conséquence de l'apport postérieur, par un procédé

(1) Voir, par exemple, Stanislas Meunier, *Les Méthodes de synthèse en Minéralogie*, 1 vol. in-8, Paris, 1891, p. [illegible] et suiv., et du même auteur, *Catalogue de la Collection de Géologie expérimentale du Muséum*, 1 vol. in-8, Paris, 1907, p. [illegible].

(2) Tome III, p. 380. Paris, 1901.

quelconque, de la quantité de fer nécessaire à la production des minerais oolithiques. On comprend très bien que des calcaires puissent être épigénisés en bloc en produits ferrugineux, mais l'élection du fer dans une partie seulement des éléments de la roche est plus difficile à concevoir. »

Or, les faits se chargent de répondre eux-mêmes à cette objection : quand on remplit l'éprouvette à dessécher avec le produit de désagrégation du calcaire oolithique de Tonnerre, par exemple, on jette cette poussière par petites portions dans le vase (généralement au moyen d'une spatule ou d'une carte). A chaque fois, pendant la chute, il se fait un triage et les oolithes arrivent en bas avant la matière bien plus fine à laquelle elles étaient mélangées. Il résulte de là que le remplissage est fait de petits lits alternatifs, très vaguement limités, bien entendu, de matériaux relativement grossiers et de portions très fines, dans lesquelles aussi des oolithes sont disséminées. Or, le résultat de l'arrosage avec la solution métallique très étendue, c'est la ferruginification plus ou moins rapide des parties grossières et par conséquent des oolithes, bien avant que la portion fine commence à changer de couleur. Je conserve à mon laboratoire du Muséum et j'ai même exposé dans la galerie publique, aux vitrines de la Géologie expérimentale, plusieurs éprouvettes qui montrent que, malgré la difficulté de la concevoir, l'élection d'une partie seulement de la roche calcaire par la précipitation du fer est un fait réel et incontestable.

D'autres considérations doivent être citées encore comme comprenant le phénomène épigénique que nous admettons. Ainsi, malgré la très intime ressemblance des couches de minerai avec les couches de calcaire d'où elles dérivent, on peut cependant y noter une différence dans la forme des oolithes : parfaitement sphéroïdales dans le calcaire, elles sont plus petites et ellipsoïdes dans la roche ocreuse et leur grand axe est parallèle au plan de sédimentation.

Il est évident que la substitution de la sidérose ou de la limonite, dont la densité est égale à 3,8, à la calcite qui pèse seulement 2,7, ne peut se faire sans déterminer, dans la masse qui en est le siège, une contraction notable et par suite un tassement dont la forme aplatie des oolithes ferrugineuses est comme un reflet. Un poids donné de carbone (6 grammes, par exemple) passe de la

[illegible]

[illegible] *chapeau*, ou « *gîte de couverture* ».

Mais le phénomène épigénique, simple détail du métamorphisme bathydrique, comprend d'autres particularités encore. En résumant les traits de composition des oolithes, nous avons mentionné plus haut la présence, découverte dans leur substance, d'une proportion notable d'alumine.

Cette alumine doit être soigneusement distinguée de la même substance faisant partie constituante de l'argile renfermée dans le calcaire initial et qui persiste dans le minerai de fer. On reconnaît aisément qu'elle est à l'état d'hydrate et qu'elle appartient en conséquence à l'espèce *Diaspore* et au type qualifié de *Bauxite*. L'histoire de la bauxite est très ressemblante à celle de la limonite et on s'explique que ces deux substances s'accompagnent dans un très grand nombre de gisements.

Nous avons, pour notre part, répété avec des dissolutions de sels d'alumine, les expériences de précipitation par le calcaire décrites tout à l'heure pour les solutions ferrugineuses. Elles nous ont fourni des résultats comparables et dont une partie s'applique très directement à l'histoire du fer oolithique. Elles ont en même temps procuré des données des plus nettes quant à l'histoire des gisements de bauxite. Sans y insister, nous constaterons que dans ces derniers temps on a compliqué comme à

plaisir le sujet dont il s'agit, en mélangeant à la bauxite la substance qualifiée de *latérite* et qui, tout en ayant la même composition chimique, dérive d'une origine essentiellement différente où paraissent intervenir des réactions microbiennes. On n'a pas réfléchi que c'est à peu près comme si l'on voulait faire jouer un rôle dans l'histoire géogénique du spath d'Islande, aux réactions qui sont en jeu dans les récifs madréporiques, sous le prétexte que, dans les deux cas, il y a production de chaux carbonatée.

Si l'on arrose du calcaire disposé dans l'éprouvette à dessécher, au moyen d'une dissolution aqueuse et étendue de sulfate d'alumine, on constate qu'il se reproduit du sulfate de chaux et qu'il se dépose de l'alumine gélatineuse pendant que l'anhydrite carbonique se dégage. On arrive ainsi à transformer complètement les oolithes calcaires en oolithes de bauxite (1).

Ce serait nous éloigner de notre but que de trop insister sur ce chapitre. Il nous suffira d'en retenir que l'alumine est précipitée dans les mêmes conditions que l'hydrate de fer et probablement avec le même état intermédiaire, peut-être virtuel, d'un carbonate d'alumine (?) correspondant plus ou moins à la sidérose.

Pour donner une idée de cette précipitation, je dirai qu'ayant abandonné un fragment de 15 grammes de marbre de Carrare dans 50 centimètres cubes d'une solution assez concentrée de sulfate d'alumine, j'ai pu, après quelques jours, retourner le vase, sans que la roche, prise au milieu d'une épaisse gelée d'alumine, ait manifesté la moindre propension à tomber. La gelée, très transparente, était remplie de grosses bulles d'acide carbonique.

Il faut, comme pour le fer, des solutions très étendues, pour obtenir de vraies épigénies, c'est-à-dire la conservation de la structure.

La conséquence de ces faits, c'est qu'il paraît légitime de voir dans les bancs de minerai de fer oolithique de Lorraine, des couches de calcaire qui, — après un séjour assez long dans les profondeurs souterraines où les avaient amenées les recouvrements stratigraphiques postérieurs, pour que leur structure soit devenue oolithique, — ont été baignées par des suintements d'eau

(1) Dans certains cas j'ai obtenu des globules de sous-sulfate d'alumine ayant avec la Webstérite oolithique de l'argile plastique de Vanves des analogies remarquables.

renfermant en dissolution des quantités inconnues et peut-être très faibles de sels de fer, mélangés à des sels d'alumine. Ces sels agissant à une température supérieure à celle de la surface et correspondant à la profondeur du gisement, ont attaqué le calcaire pour en faire des composés solubles qui ont été entraînés par la circulation bathydrique. Le carbonate de fer et l'alumine précipités se sont constitués à l'état de sidérose et de bauxite.

On voit tout de suite que cette histoire ne sera pas changée si nous supposons que la transformation du calcaire initial a lieu dans des couches n'ayant pas la structure oolithique.

Par exemple, des couches de calcaire compact pourraient donner des lits de limonite également compacts et des calcaires quelconques fourniront des produits reflétant dans leur constitution la structure qu'ils présentaient.

Il pourra y avoir eu au début, dans le sein d'une couche plus ou moins perméable d'argile sableuse, par exemple, constitution de concrétions calcaires du genre des *chailles*. La réaction s'appliquant à ces concrétions les transformera en nodules plus ou moins voisins des Ætites et de masses analogues.

D'un autre côté, ces produits ont continué souvent à éprouver l'action des agents souterrains sans cesse en fonction, et parmi les conséquences qu'ils en ont éprouvé, il en est d'intéressantes.

En certains pays, les recouvrements stratigraphiques et plus souvent les mouvements orogéniques, — parfois aussi l'injection de roches éruptives, ou la poussée de liquides ou de vapeur d'eau venant des régions profondes — ont déterminé des transformations nouvelles et c'est ainsi, pour le dire en passant, qu'il faut comprendre la genèse des couches de sanguine ou oligiste terreux remplies d'empreintes de fossiles déterminables, comme on en voit à La Voulte (Ardèche) et en bien d'autres lieux. L'histoire de l'oligiste stratiforme silurien de Saint-Remy, près de Flers (Calvados), n'est qu'une exagération des faits précédents.

Mais si le fer de Lorraine n'en est pas là, il manifeste pourtant, dans une foule de ses parties, l'action qu'il a éprouvée de la part des agents qui circulent en profondeur. C'est ainsi que dans un grand nombre de cas il s'est siliciné. La silification peut n'avoir rien à voir comme époque avec les phénomènes précédemment

décrits et elle n'est qu'une des mille formes de la *pétrification* possible de tous les objets enfouis dans de certaines conditions. C'est une variante de la transformation en silex, en calcédoine et même en quartz des bois des forêts tertiaires du Caire et de l'Arizona : cette transformation s'est également réalisée par l'intervention des eaux chaudes de profondeur, quand les assises contenant les vestiges organiques étaient recouverts d'une masse suffisante de sédiments plus récents. C'est leur retour vers la surface et le décapage par érosion que celle-ci a éprouvé qui les ont mis bien plus tard sous nos yeux dans des situations qui feraient croire, à des observateurs non préparés, qu'il s'agit de la minéralisation d'arbres vivants constituant des forêts subaériennes.

La silicification du minerai lorrain est une variante du phénomène qui a donné naissance aux meulières et à tous les lits silicifiés parfois très fossilifères comme on en voit dans la colline de Saint-Priest, auprès de Saint-Étienne (pour limiter nos exemples au plus célèbre de tous), grâce aux travaux de M. Grand'Eury avec qui j'ai eu le plaisir de les visiter naguère.

Mais, en bien des points, les transformations ne se sont pas bornées à la simple silification : conformément aux principes révélés par les expériences réalisées dans l'eau surchauffée de Sénarmont, il s'est constitué des familles entières de minéraux cristallisés par l'arrangement des éléments en présence. C'est ainsi qu'ont pris naissance la chamosite, la berthiérine, la chlorite, dont les oolithes sont si souvent chargées et les cristaux microscopiques de magnétite et d'autres espèces, dont la genèse n'a plus que des rapports très éloignés avec celle de la limonite qui est notre objet principal.

Avant d'aller plus loin, je ferai remarquer que les conclusions générales auxquelles nous sommes amené ainsi par l'étude du fer oolithique de Lorraine, rappellent des opinions adoptées par plusieurs observateurs depuis l'époque de mes premières recherches.

Par exemple, M. Camusat (1), qui a surtout étudié le gisement de Mazenay (Saône-et-Loire), regarde le minerai comme résultant

(1) *Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes*, tenu à Nancy en 1901, page 190.

des phénomènes secondaires. D'après lui, la limonite dériverait d'une solution ferrugineuse existant normalement dans le sédiment, mais enrichie par des suintements provenant des assises superposées.

M. Cayeux, de son côté, étudiant des minerais de fer subordonnés aux couches paléozoïques, voit dans ceux qui se montrent dans les Ardennes et en Bretagne « d'anciennes oolithes calcaires auxquelles des débris végétaux auraient servi de centres et dont la calcite se serait vue remplacée, en tout ou en partie, par la chlorite, la magnétite, l'oligiste ; ce dernier minéral provenant d'une transformation de la chlorite » (1).

D'après ce qui précède, on voit que notre opinion est, tout au contraire, que les oolithes calcaires ont dû être transformées d'abord en limonite, qui, plus tard et par les voies ordinaires du métamorphisme, est devenue de l'oligiste, puis subsidiairement de la magnétite, pendant qu'une autre partie, non plus comme pour ces derniers oxydes par le dispositif de Gay-Lussac ou fumarollien, mais par celui de Sénarmont ou bathydrique, entrerait dans la constitution des silicates.

Le même auteur est revenu bien plus récemment sur l'évolution minéralogique des minerais de fer oolithiques primaires de France (2). On peut croire que c'est par l'étude des minerais moins anciens et spécialement par ceux du toarcien qu'il fallait, comme nous l'avons fait, commencer ce travail, pour n'arriver aux minerais primaires qu'avec l'appui de données infiniment plus aisées à dégager de l'infinie série des phénomènes superposés.

Mais il nous reste encore un point à aborder pour ne rien laisser de côté dans cette étude, d'ailleurs extrêmement résumée, du minerai de fer de Lorraine. Il s'agit cette fois du *fer fort* dont nous avons vu qu'il constitue comme une sorte d'appendice des gisements oolithiques.

En beaucoup de régions de Lorraine, par exemple sur les plateaux situés entre Aboncourt et Beuvezin, on trouve des calcaires bajociens corrodés depuis longtemps par les eaux sauvages

---

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXVII, 1100, 1898. (J'avais signalé l'origine possible par épigénie du fer en grains et de la bauxite dès 1883. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, XCVI, 1737.)

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXLIX, 1388, 1909.

qui ont élargi les fissures jusqu'à en faire des crevasses dont les deux lèvres sont écartées l'une de l'autre de plusieurs mètres et qui viennent intéresser les assises du calcaire toarcien. Ces sillons ont acquis, du fait de l'intempérisme, des détails très intéressants au point de vue de l'histoire des minerais de fer : en effet, le calcaire toarcien sous-jacent a été dissous et les oolithes ferrugineuses, qui y sont très lâchement disséminées, s'y sont concentrées de façon à constituer un gîte de remaniement, qui fut exploité à une certaine époque.

Dans la région médiane du bassin de Longwy et d'Esch, le fer fort constitue de puissants dépôts, par exemple à Saint-Pancré et à Aumetz, comme les dépôts de fer en grains de Lay-Saint-Christophe, de Chavigny et de Malzéville signalent la région centrale du bassin de Nancy.

Saint-Pancré, que nous avons précédemment décrit, mérite d'être considéré comme la localité typique à ce point de vue (1). Bleicher a fait à l'égard du fer fort des observations très intéressantes (2). Le point principal est qu'il rattache la forme des gîtes aux phénomènes de la dénudation subaérienne. Seulement il n'y a pas suffisamment distingué plusieurs temps successifs et c'est inexactement qu'il attribue à la dénudation la production même des pisolithes contenues dans les gisements (3).

L'examen de cette localité, rapproché de celui des points analogues dans le Cher et dans le canton de Berne, m'a montré qu'il s'agit très vraisemblablement de cavernes tapissées de résidus de dissolution des parois, mais remontant à une époque relativement très reculée. Pour la forme des cavités devenues sidérolithiques, on ne peut qu'être frappé de leur analogie avec les couloirs tracés par la pluie et les eaux de ruissellement à la surface et dans l'épaisseur de calcaires dans une foule de pays, entre autres dans le Jura méridional. Autour d'Artemare (Ain), par exemple, on en voit de toutes les dimensions et on trouve dans leur fond des argiles et des sables de décalcification. Si la ressemblance est moins intime en ce qui touche la composition, c'est que ces calcaires ne sont point ferrugineux. Mais il ne manque pas de

(1) On a sur cette localité un excellent travail de Jacquot, qui fut inspecteur général des mines.

(2) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXX, p. 346 et 598. 1900.

(3) *Bulletin de la Société belge de Géologie*, XIII, p. 189. 1900.

cavernes plus avancées que ces embryons du Val Romey, où le fer est bien visible, et même c'est un trait ordinaire des cavernes que la présence de l'oxyde de fer colorant un limon rouge sur lequel on a fait du reste bien des suppositions non vérifiées. De toutes parts, les puits naturels sont remplis d'argile rubéfiée dont la couleur rutilante les rend d'autant plus visibles sur les coupes qui les traversent.

On peut donc en toute assurance, et aussi à cause des vestiges organisés qu'on y rencontre, affirmer que les couloirs de Saint-Pancré et des localités analogues sont des cavernes.

Ce point est d'un haut intérêt, car, jusqu'ici au moins, nous ne connaissons qu'un agent capable de perforer les calcaires pour y ouvrir des couloirs et des puits : c'est l'eau chargée d'anhydrite carbonique ; c'est la pluie ou c'est la rivière ; c'est en tout cas le *régime continental*. Il faut donc que les points comme Saint-Pancré, où ces cavernes se trouvent, aient été exondés à l'époque du creusement de celles-ci, aient joui du régime continental ou subaérien.

On peut aller plus loin et reconnaître que cette époque de régime continental est certainement ancienne, car, en appliquant les notions obtenues plus haut à l'égard du fer oolithique, nous voyons qu'il faut laisser au phénomène le temps de se compléter par des travaux intimes correspondant à ceux de tout à l'heure. Il faut que les couches corrodées, s'étant affaissées sous la mer et ayant été recouvertes de sédiments convenablement épais, aient été le théâtre de circulations bathydriques (1). Alors les débris accumulés dans les perforations, calcaires encore, mais surtout argileux et sableux, ont livré passage à des dissolutions chaudes et plus ou moins compliquées. C'est ainsi qu'il s'est réalisé des concentrations autour de certains points et vraisemblablement des pisolithes calcaires qui ont été ensuite ferruginisées. C'est à cause de ces circonstances que Virlet d'Aoust a rencontré dans des poches sidérolithiques de Franche-Comté des pisolithes volumineuses au travers desquelles s'est conservée la structure des lits de limon où elles étaient empâtées.

Dans la région lorraine, le recouvrement du terrain bajocien dans lequel sont creusés les pertuis a été supprimé par la dénu-

(1) Voir *La Géologie générale*, 2e édit., p. 88, 1 vol. in-8. Paris, 1909.

dation encore en cours et qui peut, comme l'a vu Bleicher, accumuler dans telle ou telle localité de vrais gîtes de fer par lavage. Mais en diverses régions, par exemple à Dun-le-Roi, dans le département du Cher, on voit d'épais sédiments tertiaires parfaitement réglés surmonter le jurassique corrodé. A Saint-Pancré, des couloirs souterrains réunissent parfois des poches fort distantes et dans le Gard (1) comme dans le Lancashire, aux environs d'Ulver-Stone, le minerai remplit des cheminées si profondes que pour les expliquer on a eu quelquefois recours (à l'exemple de Greppin et d'autres géologues suisses) à l'intervention de phénomènes geysériens. Si le calcaire grossier de la gare d'Ivry, à Paris, était recouvert de sédiments suffisamment épais, ses *puits naturels* se transformeraient sans aucun doute en gîtes sidérolithiques.

## RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

En résumé, l'histoire géologique des minerais de fer oolithique de la Lorraine et de beaucoup d'autres pays qui sont construits comme elle, se signale par le nombre des réactions qui y ont successivement pris part. Elle contraste beaucoup à cet égard avec les suppositions qu'on avait crues légitimes à première vue et qui reportaient tous les détails de la production à l'époque même où l'on classe les assises auxquelles le minerai est subordonné. Ces assises étant qualifiées de toarciennes, parce qu'elles sont intercalées entre d'autres dites charmouthiennes et bajociennes, on ne mettait pas en doute que la mer toarcienne n'ait présidé elle-même au dépôt des oolithes avec tous les détails de composition et de forme.

Au lieu de cette manière de voir si simple et qui dérive de l'idée que les profondeurs de la Terre sont le domaine du repos absolu et constituent, suivant le mot de Buffon, un bureau d'Archives où sont conservées sans altération des traces de tous les phénomènes accomplis successivement à la surface ; au lieu de cette doctrine, nous sommes forcé de reconnaître que les couches du sol sont le théâtre d'une activité si grande et si incessante qu'on peut douter que, dans une assise toarcienne, par

(1) *Description géologique du Gard*, par Émilien Dumas, p. 337.

exemple, il reste grand'chose des matériaux du début. Les matières ont changé de structure, elles ont réagi chimiquement les unes sur les autres. La couche considérée a cédé de sa substance aux fluides qui ont circulé à son contact ; elle a parfois reçu de la même source de la substance nouvelle. Suivant le signe arithmétique des différences ainsi réalisées, elle a pu se gonfler ou se réduire ; elle a pu se réduire jusqu'à disparaître. Et toute cette activité dérive, en dernière analyse, du foyer d'énergie que notre globe renferme dans son sein et qui est le résidu de l'énergie emmagasinée à l'origine dans la nébuleuse devenue la Terre. A cette activité propre, s'en joint d'ailleurs souvent une autre qui dérive du Soleil et c'est par le groupement indéfiniment varié de toutes ces causes complémentaires et concordantes (malgré leur première apparence de conflit) que notre globe parcourt les phases successives de la majestueuse évolution planétaire qui n'est qu'un exemplaire, à une échelle particulière, de l'évolution de toutes choses.

---

Nancy, imp. Berger-Levrault et Cie

# SUR LA SURFACE LIBRE

D'UNE

# NAPPE AQUIFÈRE

SUR UNE

# PRÉVISION DE DÉBIT DE SOURCE

(ZAGHOUAN)

PAR E. NOËL

---

Si la connaissance empirique des sources remonte à la plus haute antiquité, en revanche, leur étude rationnelle est assez récente. C'est ainsi qu'il y a encore quelques dizaines d'années, Belgrand affirmait, et avec raison dans certains cas, qu'il ne faut pas toucher aux sources ; et que ce n'est que depuis assez peu de temps que l'art du captage et les études en vue de captage se sont organisés en corps de doctrine.

Quant à l'étude systématique elle-même de la circulation de l'eau à travers le sol, en dehors de quelques notions empiriques et assez vagues fournies par l'ancienne géologie, elle remonte à encore moins d'années.

C'est que le problème est fort complexe, et fait intervenir plusieurs chapitres de la science qui semblent *a priori* n'avoir guère de points communs : la tectonique, la météorologie et, dans les questions de pressions et de débits, l'hydrodynamique elle-même.

Déjà avant l'année 1900, quelques travaux étaient apparus sur des questions spéciales, comme le débit des puits en terrains perméables, l'effet d'un serrement dans un captage. Mais ce n'est

qu'en 1903 et 1904 que les notes de M. Boussinesq, sur la théorie mathématique de la circulation des eaux en terrains perméables, ont permis d'appliquer le calcul à la prévision des débits d'une source dont on connaît le périmètre d'alimentation et le réservoir souterrain.

Des applications de cette théorie ont été faites par M. Ed. Maillet aux grandes sources de la craie utilisées aujourd'hui pour l'alimentation de Paris. La source du Zaghouan dont je m'occuperai est située sous un climat tout à fait différent du nôtre ; cependant, si les conditions des infiltrations sont très dissemblables, les lois des circulations profondes sont les mêmes, et la méthode, ce me semble, pourrait présenter ici-même quelque intérêt.

---

**Liste des principaux travaux les plus récents sur la question**

BOUSSINESQ.

1° *Sur le débit en temps de sécheresse d'une source alimentée par une nappe d'eau d'infiltration* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXXXVI, pp. 1511-1517, 1903) ;

2° *Sur un mode simple d'écoulement des nappes d'eau d'infiltration à lit horizontal, avec le bord vertical tout autour, lorsqu'une partie de ce bord est enlevée depuis la surface jusqu'au fond* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXXXVII, p. 5, 1903) ;

3° *Sur la stabilité d'un certain mode d'écoulement d'une nappe d'infiltration* (*Ibid.*, p. 101) ;

4° *Extension au cas où le fond est courbe du mode d'écoulement qui se conserve dans une nappe d'eau d'infiltration reposant sur un fond plat* (*Ibid.*, p. 153) ;

5° *Application de la théorie générale de l'écoulement des nappes aqueuses infiltrées dans le sol aux fortes sources des terrains perméables, et en particulier à plusieurs de celles qui alimentent Paris* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXXXVIII, p. 117, 1904) ;

6° *Équation générale du mouvement des nappes d'eau infiltrées dans le sol* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXXXIX, p. 387, 1904) ;

7° *Équation de deuxième approximation pour l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et à faible pente* (*Ibid.*, p. 417) ;

8° *Petites denivellations d'une masse aqueuse infiltrée dans le sol à des profondeurs quelconques, avec ou sans écoulement au dehors* (*Ibid.*, p. 441) ;

9° *Recherches théoriques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur le débit des sources* (*Journ. de math. pures et appliquées*, 1904).

DELMER. — *Étude sur les crues de l'Ardèche* (*Ann. des ponts et chaussées*, 2e tr., pp. 130 à 216. 1904).

DIENERT. — *De la minéralisation des eaux souterraines et des causes de sa variation* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXLII, p. 1113. 1906).

HOUILLIER (M.).

*Sur les causes de l'appauvrissement des sources dans les régions de plaines* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXL, p. 382. 1905);

*De l'influence des pluies estivales sur le débit des sources de plaines* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXLI, p. 972. 1905).

DE LAUNAY. — *Sur l'emploi des pressions hydrostatiques dans les captages des sources thermales* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXLI, p. 786. 1905).

MAILLET (E.).

1° *Sur la courbe des débits d'une source* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXXXVII, p. 676. 1903);

2° *Sur la prévision des débits des sources de la Vanne* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXXXVII, p. 947. 1903);

3° *Sur les décrues des rivières* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXXXVIII, p. 1030. 1904);

4° *Note sur la classification des sources en France et en Algérie d'après leur débit* (*Présentat. à l'Acad. Sc.*, t. CXL, p. 1126. 1905);

5° *Sur la loi hydrologique de Minard et Belgrand* (*C. R. Acad. Sc.*, t. CXLVII, p. 606. 1908);

6° *Mémoire sur le vidage des systèmes de réservoirs* (*Ann. des ponts et chaussées*, 1er fasc., p. 110-150. 1906);

7° *Essais d'hydraulique souterraine et fluviale* (Paris, Herrmann. 1905).

---

## I — L'équation de la surface libre d'un niveau d'eau

On sait que si, dans une nappe aquifère, on appelle $\varphi$ la charge, somme de la cote d'un point et de la pression en ce point, l'écoulement a lieu normalement à la famille de surfaces $\varphi = c^{te}$.

Le débit de l'unité d'aire parallèlement à l'axe des $x$ est : $K\frac{d\varphi}{dx}$ (loi de Hagen-Poiseuille). K est un coefficient de débit dépendant des « pertes de charge spécifiques » de la roche.

M. Boussinesq [1] en partant de cette donnée, supposant de plus le sol perméable homogène sur chaque verticale (K, et le

(1) *C. R. Acad. Sc.*, CXXXVI, p. 1511. 1903.

coefficient $\mu$ d'imprégnation fonctions de $x$ et $y$ seulement), ainsi d'ailleurs que la profondeur H de la nappe au-dessous du plan horizontal $xy$ de repère, a obtenu, pour régir l'ordonnée $h$ de la surface libre souterraine, l'équation aux dérivées partielles suivante :

$$(1) \qquad \mu \frac{dh}{dt} = \frac{d}{dx}\left[K(H+h)\frac{dh}{dx}\right] + \frac{d}{dy}\left[K(H+h)\frac{dh}{dy}\right].$$

M. Boussinesq a intégré cette équation dans deux ces particuliers.

*Dans le cas d'une sécheresse,* les dénivellations de la surface libre $h$ deviennent négligeables par rapport à la hauteur du seuil H. L'équation prend alors la forme de celle du refroidissement d'une plaque plane. — L'expression de $h$ est alors la solution fondamentale de Fourier $CUe^{-\alpha t}$ où C et $\alpha$ sont des constantes et U une fonction de $x$ et $y$.

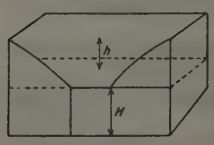


Fig. 1.

Dans le cas, au contraire, d'un seuil très bas ou d'une dénivellation de la surface libre très considérable, et en supposant de plus que « la surface libre garde d'invariables rapports avec ses ordonnées $h$ ensemble décroissantes », il en a donné une autre solution faisant intervenir les intégrales eulériennes et elliptiques, et donnant en fonction du temps une variation de la forme $\frac{A}{1+\alpha t}$.

Or, la plupart des cas de la pratique sont intermédiaires entre les deux précédents. Il importerait donc, pour arriver à des formules de prévision de débit, d'en obtenir non pas des solutions exactes dans des cas particuliers peu nombreux, mais des solutions approchées pouvant s'appliquer à la plupart des cas.

Supposons d'abord une *nappe homogène,* c'est-à-dire $\mu$ et K constants dans toute son étendue, et posons $\frac{\mu}{K} = m$. L'équation (1) devient :

$$(2) \qquad m\frac{dh}{dt} = (H+h)\left(\frac{d^2h}{dx^2} + \frac{d^2h}{dy^2}\right) + \left(\frac{dh}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dh}{dy}\right)^2.$$

1° On peut encore citer un cas d'intégration : c'est celui où la surface libre est un plan :

$$h = ax + by + c,$$

d'où $$\frac{da}{dt} = \frac{db}{dt} = o \qquad m\frac{dc}{dt} = a^2 + b^2$$

et $$h = ax + by + \frac{a^2 + b^2}{m} t.$$

Ce plan se déplace donc d'un mouvement uniforme parallèlement à lui-même.

2° On peut chercher à satisfaire à l'équation au moyen d'une fonction entière de $t$. Posons :

$$h = v_0(x,y) + v_1(x,y)t + v_2(x,y)t^2 + \ldots$$

Substituons dans l'équation (2), il vient :

$$m[v_1(x,y) + 2v_2(x,y)t + \ldots] = [H + v_0(x,y) + v_1(x,y)t + \ldots]$$
$$\left[\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy_2} + \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right)t + \ldots\right]\left[\frac{dv_0}{dx} + \frac{dv_1}{dx}t + \right.$$
$$\left. + \frac{dv_2}{dx}t^2 + \ldots\right]^2 + \left[\frac{dv_0}{dy} + \frac{dv_1}{dy}t + \ldots\right]^2.$$

On en déduit en identifiant :

$$mv_1(x,y) = [H + v_0(x,y)]\left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2}\right) + \left(\frac{dv_0}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dv_0}{dy}\right)^2.$$

$$2\ mv_2(x,y) = (H + v_0)\left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right) + v_1\left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2}\right)$$
$$+ 2\left(\frac{dv_0}{dx}\frac{dv_1}{dx} + \frac{dv_0}{dy}\frac{dv_1}{dy}\right).$$

$$3\ mv_3(x,y) = (H + v_0)\left(\frac{d^2v_2}{dx^2} + \frac{d^2v_2}{dy^2}\right) + v_1\left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right)$$
$$+ v_2\left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2}\right) + 2\left(\frac{dv_0}{dx}\frac{dv_2}{dx} + \frac{dv_0}{dy}\frac{dv_2}{dy}\right) + \left(\frac{dv_1}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dv_1}{dy}\right)^2 \text{ etc.}$$

Il est facile d'écrire le terme général. On voit que $v_0$ étant donné, les termes suivants s'en déduisent par des opérations ne comportant que des différentiations et non des intégrations, si l'on pose :

$$v_0 = u_1 + u_2 + \ldots + u_p,$$

les $u$ étant des fonctions arbitraires (solutions simples), on aura :

$$v_n = u_{n_1} + u_{n_2} + \ldots + u_{n_3}$$

($u_{n_1}$ correspondant à $u_1$).

On voit que, si l'on suppose $v_0$ linéaire, $v_1$ est constant et tous les autres termes sont nuls.

Si l'on prend pour $v_0$ une fonction du second degré, c'est-à-dire si l'on admet qu'au temps $o$ la surface libre est un paraboloïde ayant son axe vertical, tous les coefficients $v$ sont aussi du second degré : la surface libre reste donc un paraboloïde qui se déforme en se déplaçant avec le temps. Considérons un peu ce cas et soit :

$$v_0(x,y) = Ax^2 + 2Bny + Cy^2 + 2Dx + 2Ey + F.$$

$$\frac{dv_0}{dx} = 2(Ax + By + D) \quad \frac{dv_0}{dy} = 2(Bx + Cy + E);$$

$$\frac{d^2v_0}{dx^2} = 2A; \frac{d^2v_0}{dy^2} = 2C.$$

$$\begin{aligned} mv_1(x,y) &= 2(A + C)(Ax^2 + 2Bny + Cy^2 + 2Dx + 2Ey \\ &+ F + H) + 4(Ax + By + D)^2 + 4(Bx + Cy + E)^2 \\ &= (6A^2 + 2AC + 4B^2)x^2 + 12B(A + C^1)xy + (6C^2 \\ &+ 2CA + 4B^2)y^2 + (12AD + 4CD + 8BE)x + (12CE \\ &+ 4AE + 8BD)y + 2(A + C)(F + H) + 4D^2 + 4E^2, \\ &\text{etc.....} \end{aligned}$$

Si, par exemple, on avait $A + C = o$ et $B = o$ paraboloïde hyperbolique équilatère, on aurait :

$$v_1(x,y) = \frac{1}{m} 4A^2(x^2 + y^2) + 8ADx - 8AEy + 4D^2 + 4E^2.$$

Si l'on prenait pour $v_0$ un polynôme en $x\,y$ de degré $p$ : $\frac{d^2v_0}{dx^2}$ et $\frac{d^2v_0}{dy^2}$ seraient de degré $p - 2$, donc $v_1$ de degré $p + p - 2 = 2p - 2$. On en déduit que $v_2$ serait de degré $3p - 4$ et $v_3$ de degré $4p - 6$. Par récurrence on vérifierait que $v_r$ serait de degré $(r + 1)p - 2r$.

Le cas du paraboloïde offre une certaine importance en raison de la fréquence admise des nappes d'écoulement à profil parabolique.

Lorsque $t$ augmente indéfiniment, on doit prendre dans la série un nombre de termes de plus en plus grand — on peut alors admettre que la partie infinie de cette série tende vers celle de

$Ce^{-\alpha t}$ (¹). Dans le développement de cette dernière fonction on a :

$$\frac{u_{n+1}}{u_n} = -\frac{\alpha t}{n+1}.$$

Donc pour $n$ assez grand, on pourra poser, $v_{n+1}$ et $v_n$ étant les fonctions de $x$ et $y$ de la suite précédente :

$$\frac{v_{n+1}}{v_n} = -\frac{\alpha}{n+1} \qquad \text{d'où :} \quad \alpha = -(n+1)\left(\frac{v_{n+1}}{v_n}\right).$$

3° On sait, d'après le premier cas de M. Boussinesq, qu'en périodes d'épuisement, c'est-à-dire avec $h$ très petit et $t$ très grand, que $h = \mathrm{CU}e^{-\alpha t}$, $\alpha$ étant une constante.

On est donc amené à poser :

$$(4) \qquad h = v_0(x,y) + v_1(x,y)e^{-\alpha t} + v^2(x,y)e^{-2\alpha t} + \ldots$$

En substituant dans l'équation (2), on obtient la suite d'équations :

$$[\mathrm{H} + v_0(x,y)]\left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2}\right) + \left(\frac{dv_0}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dv_0}{dy}\right)^2 = 0;$$

ou :

$$\frac{d}{dx}(\mathrm{H} + v_0)\frac{dv_0}{dx} + \frac{d}{dy}(\mathrm{H} + v_0)\frac{dv_0}{dy} = 0;$$

et :

$$\begin{aligned}
-m\alpha v_1(x,y) &= \left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2}\right)v_1(x,y) + (\mathrm{H} + v_0)\left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right) \\
&\quad + 2\left(\frac{dv_0}{dx}\frac{dv_1}{dx} + \frac{dv_0}{dy}\frac{dv_1}{dy}\right) \\
-2m\alpha v_2(x,y) &= \left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2}\right)v_2(x,y) + \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right)v_1(x,y). \\
(5) \qquad &\quad + (\mathrm{H} + v_0)\left(\frac{d^2v_2}{dx^2} + \frac{d^2v_2}{dy^2}\right) + \left(\frac{dv_1}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dv_1}{dy}\right)^2 \\
&\quad + 2\left(\frac{dv_0}{dx}\frac{dv_2}{dx} + \frac{dv_0}{dy}\frac{dv_2}{dy}\right) \\
-3m\alpha v_3(x,y) &= \left(\frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2}\right)v_3(x,y) + \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right)v_2 + \left(\frac{d^2v_2}{dx^2}\right. \\
&\quad \left. + \frac{d^2v_2}{dy^2}\right)v_1 + \left(\frac{d^2v_3}{dx^2} + \frac{d^2v_3}{dy^2}\right)(\mathrm{H} + v_0) + 2\left(\frac{dv_0}{dx}\frac{dv_3}{dx} + \frac{dv_1}{dx}\frac{dv_2}{dx}\right) \\
&\quad + 2\left(\frac{dv_0}{dy}\frac{dv_3}{dy} + \frac{dv_1}{dy}\frac{dv^2}{dy}\right), \text{ etc...}
\end{aligned}$$

(¹) Voir p. 100.

L'équation donnant le terme général $v_p$ est :

$$\left(pm\alpha + \frac{d^2v_0}{dx^2} + \frac{d^2v_0}{dy^2}\right)v_p(x,y) + 2\left(\frac{dv_0}{dx}\frac{dv_p}{dx} + \frac{dv_0}{dy}\frac{dv_p}{dy}\right)$$
$$+ (\mathrm{H} + v_0)\left[\frac{d^2v_p}{dx^2} + \frac{d^2v_p}{dy^2}\right] + w_p(x,y) = 0,$$

en désignant par $w_p$ l'ensemble des termes indépendants de $v_p$ introduits par les coefficients précédents.

Les équations précédentes se simplifient beaucoup dans le cas où pour $t$ infini, le réservoir s'étant épuisé, la surface libre est un plan horizontal : alors $h = 0$ et : $v_0(x,y) \equiv 0$.

Alors : $$\frac{dv_0}{dx} = \frac{dv_0}{dy} = \frac{d^2v_0}{dx^2} = \frac{d^2v_0}{dy^2} = 0,$$

et les équations deviennent :

$$(5)' \quad \left\{\begin{aligned} & m\alpha v_1 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right) = 0, \\ & 2m\alpha v_2 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2v_2}{dx^2} + \frac{d^2v_2}{dy^2}\right) + \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right)v_1 + \left(\frac{dv_1}{dx}\right)^2 \\ & \qquad + \left(\frac{dv_1}{dy}\right)^2 = 0, \\ & 3m\alpha v_3 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2v_3}{dx^2} + \frac{d^2v_3}{dy^2}\right) + \left(\frac{d^2v_2}{dx^2} + \frac{d^2v_2}{dy^2}\right)v_1 + \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right)v_2 \\ & \qquad + 2\left(\frac{dv_1}{dx}\frac{dv_2}{dx} + \frac{dv_1}{dy}\frac{dv_2}{dy}\right) = 0, \quad \text{etc...} \end{aligned}\right.$$

Les coefficients des puissances de $e^{-\alpha t}$ sont donc les fonctions satisfaisant à ce système d'équations aux dérivées partielles.

Considérons d'abord la première :

$$(5), \qquad m\alpha v_1 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right) = 0.$$

On peut y satisfaire au moyen d'une série indéfinie dans les deux sens :

$$v_1(v_1 y) = \ldots + \mathrm{A}_{-2} + \mathrm{A}_{-1}(x,y) + \mathrm{A}_0(x,y) + \mathrm{A}_1(x,y) + \mathrm{A}_2 + \ldots$$

Substituant dans l'équation $5_1$, on peut écrire pour les termes de la partie descendante les équations :

$$\frac{d^2\mathrm{A}_{-1}}{dx^2} + \frac{d^2\mathrm{A}_{-1}}{dy^2} + \frac{m\alpha}{\mathrm{H}}\mathrm{A}_0 = 0,$$

$$\frac{d^2 A_{-2}}{dx^2} + \frac{d^2 A_{-2}}{dy^2} + \frac{m\alpha}{H} A_{-1} = o,$$

et pour ceux de la partie ascendante, les relations :

$$\frac{d^2 A_o}{dx^2} + \frac{d^2 A_o}{dy^2} + \frac{m\alpha}{H} A_1 = o \qquad \text{d'où : } A_1 = -\frac{H}{m\alpha}\left(\frac{d^2 A_o}{dx^2} + \frac{d^2 A_o}{dy^2}\right)$$

$$\frac{d^2 A_1}{dx^2} + \frac{d^2 A_1}{dy^2} + \frac{m\alpha}{H} A_2 = o \qquad \text{d'où : } A_2 = -\frac{H}{m\alpha}\left(\frac{d^2 A_1}{dx^2} + \frac{d^2 A_1}{dy^2}\right)$$

etc....

On obtient donc la partie ascendante de la somme à partir de $A_o$, par une suite de différentiations, d'où :

$$(6) \quad \begin{cases} A_2 = \dfrac{H^2}{m^2\alpha^2}\left[\dfrac{d^4 A_o}{dx_4} + 2\dfrac{d^4 A_o}{dx^2\,dy^2} + \dfrac{d^4 A_o}{dy^4}\right] \\ A_3 = -\dfrac{H^3}{m_3\alpha_3}\left[\dfrac{d^6 A_o}{dx^6} + 3\dfrac{d^6 A_o}{dx^4\,dy^2} + 3\dfrac{d^6 A_o}{dx^2\,dy^4} + \dfrac{d^6 A_o}{dy^6}\right], \text{ etc...} \end{cases}$$

On aura des solutions des équations de la suite descendante en posant, par exemple :

$$A_o = \rho(\beta x + \gamma y) + \sigma(\beta_1 x + \gamma_1 y) + \ldots$$

$A_{-1}$ sera alors de la forme :

Si $s = \beta x + \gamma y \qquad s_1 = \beta_1 x + \gamma_1 y$

$$A_{-1}(x, y) = f(\beta x + \gamma y) + \varphi(\beta_1 x + \gamma_1 y) + \ldots = f(s) + \varphi(s_1).$$

$$\frac{dA_{-1}}{dx} = \beta f' s + \beta_1 \varphi' s_1 \qquad \frac{dA_{-1}}{dy} = \gamma f' s + \gamma_1 \varphi' s_1$$

$$\frac{d^2 A_{-1}}{dx^2} = \beta^2 f'' s^2 + \beta_1^2 \varphi'' s_1^2 \qquad \frac{d^2 A_{-1}}{dy^2} = \gamma^2 f'' s^2 + \gamma_1^2 \varphi'' s_1^2,$$

d'où :

$$-\frac{m\alpha}{H}[\rho(s) + \sigma(s_1)] = (\beta^2 + \gamma^2) f'' s^2 + (\beta_1^2 + \gamma_1^2) \varphi'' s_1^2,$$

d'où :

$$f'' s^2 = \frac{-m\alpha}{(\beta^2 + \gamma^2) H} \rho(s) \qquad \varphi'' s_1^2 = \frac{-m\alpha}{(\beta_1^2 + \gamma_1^2) H} \sigma(s_1).$$

$$A_{-1} = -\frac{m\alpha}{H}\left[\frac{\int\int \rho(s)\, ds^2}{\beta^2 + \gamma^2} + \frac{\int\int \sigma(s_1)\, ds_1^2}{\beta_1^2 + \gamma_1^2}\right].$$

On aura $A_{-2}$ en remplaçant dans cette formule les fonctions $\rho$ et $\sigma$ par $f$ et $\varphi$, d'où :

$$(7) \qquad A_{-2} = \left(\frac{m\alpha}{H}\right)^2 \left\{ \frac{\int_{(4)} \rho(s)\, ds^4}{(\beta^2+\gamma^2)^2} + \frac{\int_{(4)} \sigma(s_1)\, ds_1^4}{(\beta_1^2+\gamma_1^2)^2} + \ldots \right\}$$

et ainsi de suite.

Le terme général $A_{-p}$ est donc de la forme :

$$A_{-p} = F_p(s) + \Phi_p(s_1) + \ldots$$

$s$ et $s_1$ étant des fonctions linéaires de $x$ et $y$.

Il est facile de voir que le terme général $A_p$ de la partie ascendante est de même forme.

Les fonctions $\rho$, $\sigma$, etc., sont arbitraires, la seule condition à remplir pour elles est que la série des A soit convergente dans les deux sens. En fin de compte $v_1(x_1y)$ est de la forme :

$$v_1(x_1y) = V(s) + V_1(s_1) + \ldots$$

Considérons maintenant la deuxième des équations (5)' :

$$(5)'_2 \qquad 2m\alpha v_2 + H\left(\frac{d^2v_2}{dx^2} + \frac{d^2v_2}{dy^2}\right) + \left(\frac{d^2v_1}{dx^2} + \frac{d^2v_1}{dy^2}\right) v_1 + \left(\frac{dv_1}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dv_1}{dy}\right)^2 = 0.$$

Si on prend simplement une seule arbitraire pour $A_0$ d'où résulte :

$$v_1(x_1y) = V(s), \qquad \text{d'où :} \quad \frac{dv_1}{dx} = \beta V's \quad \frac{dv_1}{dy} = \gamma V's,$$

il vient :

$$(5)'_2 \qquad 2m\alpha v_2 + H\left(\frac{d^2v_2}{dx^2} + \frac{d^2v_2}{dy^2}\right) + (\beta^2+\gamma^2) V''_{12} V + (\beta^2+\gamma^2) V'^2 = 0.$$

Cette équation est donc encore de la forme :

$$2m\alpha v_2 + H\left(\frac{d^2v_2}{dx^2} + \frac{d^2v_2}{dy^2}\right) + f(s) = 0.$$

Mais en ne prenant qu'une seule quantité $s$, on n'a pas ainsi l'intégrale générale de l'équation.

On en aura une plus générale en prenant pour $A_0$ une série de Fourier ou une fonction de la forme :

$$A_0 = \Sigma\left(a_j e^{\beta_j x + \gamma_j y}\right).$$

La fonction $v_1$ se trouve être alors de la même forme, par suite aussi le terme constant de l'équation en $v_2$. Cette équation devient donc :

$$(5_2)' \qquad 2m\alpha v_2 + H\left(\frac{d^2 v_2}{dx_2} + \frac{d^2 v_2}{dy_2}\right) + \Sigma a'_j e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} = 0.$$

On obtiendra $v_2$ de manière analogue à $v_1$ en posant :

$$v_2 z \ldots B_{-2} + B_{-1} + B_0 + B_1 + B_2 + \ldots$$

d'où :

$$2m\alpha[\ldots + B_{-2} + B_{-1} + B_0 + B_1 + B_2 + \ldots] + H\left[\ldots \frac{d^2 B_{-2}}{dx^2} + \frac{d^2 B_{-2}}{dy^2} + \frac{d^2 B_{-1}}{dx^2} + \frac{d^2 B_{-1}}{dy^2} + \frac{d^2 B_0}{dx^2} + \frac{d^2 B_0}{dy^2} + \ldots\right] + \Sigma a'_j e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} = 0.$$

Le développement est même plus simple à obtenir que celui de $v_1$, car on peut borner la série à sa partie ascendante ou à sa partie descendante suivant les valeurs des coefficients $\beta'$ et $\gamma'$.

On posera par exemple : B

$$B_{-1} = B_{-2} \ldots = B_{-p} = 0,$$

et

$$2m\alpha B_0 + \Sigma a'_j e^{\beta' x + \gamma'_j y} = 0,$$

d'où

$$B_0 = -\frac{1}{2m\alpha}\Sigma a'_j e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} = -\frac{1}{2m\alpha}[\rho_2(s) + \sigma_2(s_1) + \ldots]$$

pour revenir aux notations de $v_1$.

$$2m\alpha B_1 + H\left(\frac{d^2 B_0}{dx^2} + \frac{d^2 B_0}{dy^2}\right) = 0;$$

$$(8)'_2 \quad \begin{cases} B_1 = +\dfrac{H}{(2m\alpha)^2}\Sigma a'_j(\beta'^2 + \gamma'^2)e^{\beta'_j x + \gamma'_j y} \\ \qquad = \dfrac{H}{4m^2\alpha^2}\cdot[(\beta'^2 + \gamma'^2)\rho''_2(s) + \ldots] \\ B_2 = -\dfrac{H}{2m\alpha}\left(\dfrac{d^2 B_1}{dx^2} + \dfrac{d^2 B_1}{dy^2}\right) \ldots \text{ etc...} \end{cases}$$

Ces opérations ne comportent qu'une suite de différentiations.

Si, au contraire, on prenait la partie ascendante, on aurait :

$$(8)''_2 \begin{cases} 2\,m\alpha\,B_0 + H\left(\dfrac{d^2 B_{-1}}{dx^2} + \dfrac{d^2 B_{-1}}{dy^2}\right) = 0, \\ \text{alors :} \\ H\left(\dfrac{d^2 B_0}{dx^2} + \dfrac{d^2 B_0}{dy^2}\right) + \Sigma\, a'_j\, e^{\beta' x + \gamma' y} = 0. \end{cases}$$

De la deuxième équation on déduit :

$$B_0 = -\frac{1}{H}\,\Sigma\,\frac{a'_j}{\beta'^2_j + \gamma'^2_j}\,e^{\beta'_j x + \gamma'_j y}$$

d'où :

$$B_1 = \frac{2\,m\alpha}{H^2}\,\Sigma\,\frac{a'_j}{(\beta'^2_j + \gamma'^2_j)^2}\,e^{\beta'_j x + \gamma'_j y}$$

et ainsi de suite.

Le développement ascendant (8)'' s'appliquera au cas où H sera grand, le développement descendant (8)' au cas où H sera petit.

$v_2$ étant calculé, les opérations donnant le terme tout connu de $v_3$ fourniront encore une fonction de même forme et l'on pourra poser :

$$(5)_3 \qquad 3\,m\alpha\,v_3 + H\left(\frac{d^2 v_3}{dx^2} + \frac{d^2 v_3}{dy^2}\right) + \Sigma\, a''_j\, e^{\beta'' x + \gamma'' y} = 0$$

d'où pour $v_3$ encore une fonction de même forme.

On peut donc indiquer la propriété suivante :

L'équation indéfinie de la surface libre est intégrable dans le cas général par une série à triple entrée de la forme

$$h = \Sigma\, C_j\, e^{-p\alpha t + \beta_j x + \gamma y}$$

où $p$ entier, $\alpha$ constant, $\beta$ et $\gamma$ des constantes arbitraires.

Les calculs précédents donnent un moyen d'obtenir les termes en $x$ et $y$ correspondant aux différentes puissances de $e^{\alpha t}$.

*Cas particuliers.* — Quelques cas particuliers sont à envisager comme offrant des formules relativement maniables.

Soit l'équation de $v_1$ :

$$m\alpha v_1 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2 v_1}{dx^2} + \frac{d^2 v_1}{dy^2}\right) = o$$

et prenons $\qquad v_1 = f(\beta x + \gamma y) \qquad$ seulement,

il vient : $\qquad m\alpha f(s) + \mathrm{H}(\beta^2 + \gamma^2) f''(s) = o,$

$f$ est donc solution d'une équation différentielle linéaire à coefficients constants. On a donc :

$$(9) \qquad v_1 = f(s) = a_1 \cos \sqrt{\frac{m\alpha}{\mathrm{H}(\beta^2+\gamma^2)}}(\beta x + \gamma y)$$
$$+ b_1 \sin \sqrt{\frac{m\alpha}{\mathrm{H}(\beta^2+\gamma^2)}}(\beta x + \gamma y)$$

$v_1 = a_1 \cos ks + b_1 \sin ks,$ $\qquad$ ou encore : $\qquad k = \sqrt{\frac{m\alpha}{\mathrm{H}(\beta^2+\gamma^2)}}$

$v_1 = A_1 e^{kis} \quad + B_1 e^{-kis}.$

L'indétermination des coefficients $\beta$ et $\gamma$ permettrait de prendre comme on l'a vu plus haut :

$$v_1 = \Sigma (A_j e^{k_j i s_j} + B_j e^{-k_j i s_j})$$

mais limitons-nous au premier terme. On en déduit :

$$\frac{dv_1}{dx} = \beta\, ki A_1 e^{kis} - \beta\, ki B_1 e^{-kis}$$
$$\frac{d^2 v_1}{dx^2} = -\beta^2 k^2 [A_1 e^{kos} + B_1 e^{-kos}]$$

expressions analogues pour les dérivées par rapport à $y$. Substituons dans l'équation de $v_2$, il vient :

$$2m\alpha v_2 + \mathrm{H}\left[\frac{d^2 v_2}{dx^2} + \frac{d^2 v_2}{dy^2}\right] - (\beta^2+\gamma^2) k^2 (A_1^2 e^{2kos} + B_1^2 e^{-2kis}) = o.$$

On peut donc poser :

$$v_2 = A_2 e^{2kis} + B_2 e^{-2kis},$$

d'où :

$$[2m\alpha - 4k^2 \mathrm{H}(\beta^2+\gamma^2)](A_2 e^{2kis} + B_2 e^{-2kos})$$
$$- 2(\beta^2+\gamma^2) k^2 (A_1^2 e^{2kis} + B_1^2 e^{-2kis}) = o.$$
$$[2m\alpha - 4k^2(\beta^2+\gamma^2)\mathrm{H}] A_2 = 2(\beta^2+\gamma^2) k^2 A_1^2,$$

d'où :

$$A_2 = \frac{2(\beta^2+\gamma^2)k^2 A_1^2}{2m\alpha - 4k^2(\beta^2+\gamma^2)\mathrm{H}} = \frac{2(\beta^2+\gamma^2)k^2 A_1^2}{-2k^2(\beta^2+\gamma^2)\mathrm{H}} = -\frac{A_1^2}{\mathrm{H}},$$

d'où :

$$v_2 = \frac{A_1^2 e^{2kis} + B_1^2 e^{-2kis}}{\mathrm{H}}.$$

L'équation donnant $v_3$ deviendra alors :

$$3m\alpha v_3 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2v_3}{dx^2} + \frac{d^2v_3}{dy^2}\right) + \frac{4k^2(\beta^2+\gamma^2)}{\mathrm{H}}(A_1^2 e^{2kis} + B_1^2 e^{-2kis})(A_1 e^{kis} + B_1 e^{-kis})$$
$$+ \frac{k^2(\beta^2+\gamma^2)}{\mathrm{H}}(A_1 e^{kis} + B_1 e^{-kis})(A_1^2 e^{2kis} + B_1^2 e^{-2kis})$$
$$+ \frac{4k^2(\beta^2+\gamma^2)}{\mathrm{H}}(A_1 e^{kis} - B_1 e^{-kis})(A_1^2 e^{2kis} - B_1^2 e^{-2kis}) = 0,$$

ou :

$$3m\alpha v_3 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2v_3}{dx^2} + \frac{d^2v_3}{dy^2}\right) + 7(A_1^3 e^{3kis} + B_1^3 e^{-3kis})\frac{m\alpha}{\mathrm{H}^2}$$
$$+ A_1 B_1 (A_1 e^{kis} + B_1 e^{-kis})\frac{m\alpha}{\mathrm{H}^2} = 0.$$

Posons alors :

$$v_3 = A_3 e^{kis} + B_3 e^{-kis} + A_3' e^{3kis} + B_3' e^{-3kis},$$

d'où :

$$[3m\alpha - k^2(\beta^2+\gamma^2)\mathrm{H}](A_3 e^{kis} + B_3 e^{-kis}) + [3m\alpha - 9k^2(\beta^2$$
$$+ \gamma^2)\mathrm{H}](A_3' e^{3kis} + B_3' e^{-3kis}) + 9\frac{(A_1^3 e^{3kis} + B_1^3 e^{-3kis})}{\mathrm{H}^2}m\alpha$$
$$+ \frac{A_1 B_1 (A_1 e^{kis} + B_1 e^{-kis})}{\mathrm{H}^2}m\alpha = 0,$$

d'où :

$$A_3 = -\frac{A_1^2 B_1}{3m\alpha - k^2(\beta^2+\gamma^2)\mathrm{H}} = -\frac{A_1^2 \mathrm{B}_1}{2\mathrm{H}^2} \qquad \mathrm{B}_3 = -\frac{A_1 B_1^2}{2\mathrm{H}^2}.$$
$$A_3' = \frac{3A_1^3}{2\mathrm{H}^2} \qquad B_3' = \frac{3B_1^3}{2\mathrm{H}^2},$$

donc :

$$v_3 = \frac{3}{2\mathrm{H}^2}[A_1^3 e^{3kis} + B_1^3 e^{-3kis}] - \frac{A_1 B_1}{2\mathrm{H}^2}[A_1 e^{kis} + B_1 e^{kis}]$$

et ainsi de suite.

On peut d'ailleurs encore ajouter à la valeur de $v_2$ précédente, une solution quelconque de l'équation :

$$2\,m\alpha\,w_2 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2w_2}{dx^2} + \frac{d^2w_2}{dy^2}\right) = o,$$

soit :
$$w_2 = A'_2\,e^{k_2 is} + B'_2\,e^{-k_2 is}$$

avec :
$$k_2 = \pm\sqrt{\frac{2\,m\alpha}{\mathrm{H}}} = k\sqrt{2k}.$$

$A'_2$ et $B'_2$ sont alors indépendants de $A_1$ et $B_1$. Mais alors on a dans l'expression de $v_3$ des termes en $e^{k(1+\sqrt{2})is}$, etc...

De même à l'expression de $v_3$, on peut ajouter l'une des solutions de l'équation :

$$3\,m\alpha\,w_3 + \mathrm{H}\left(\frac{d^2w_3}{dx^2} + \frac{d^2w_3}{dy^2}\right) = o,$$

$$w_3 = A''_3\,e^{k\sqrt{3}is} + B''_3\,e^{-k\sqrt{3}is}.$$

On déterminera les autres coefficients comme plus haut.

En fin de compte, on a dans ce cas particulier :

$$h(x_1y_1t) = (A_1\,e^{kis} + B_1\,e^{-kis})\,e^{-\alpha t} - \frac{A_1^2\,e^{2kis} + B_1^2\,e^{-2kis}}{\mathrm{H}}\,e^{-2\alpha t}$$

$$(10)\quad + \frac{3\,(A_1^3\,e^{3kis} + B_1^3\,e^{-3kis}) - A_1\,B_1\,(A_1\,e^{kis} + B_1\,e^{-kis})}{2\,\mathrm{H}^2}\,e^{-3\alpha t} + \ldots$$

ou en remplaçant les exponentielles par des sinus et cosinus :

$$A_1\,e^{kis} + B_1\,e^{-kis} = a_1\cos ks + b_1\sin ks.$$

$$A_1 = \frac{a_1 - b_1 i}{2} \qquad B_1 = \frac{a_1 + b_1 i}{2}$$

$$(10)'\quad h(x_1y_1t) = (a_1\cos ks + b_1\sin ks)\,e^{-\alpha t}$$

$$- \frac{(a_1^2 - b_1^2)\cos 2ks - 2\,a_1\,b_1\sin 2ks}{2\,\mathrm{H}}\,e^{-2\alpha t}$$

$$+ e^{-3\alpha t}\left[\frac{3\,(a_1^3 - 3\,a_1b_1^2)\cos 3ks + (-3a_1^2b_1 + b_1^3)\sin 3ks}{8\,\mathrm{H}^2}\right.$$

$$\left. - \frac{1}{8}\left(\frac{a^2 + b^2}{\mathrm{H}^2}\right)(a_1\cos ks + b_1\sin ks)\right] + \ldots$$

*Remarque.* — Dans les calculs précédents, j'ai supposé que $\alpha$ est réel ; mais on peut aussi prendre dans la relation (4) $\alpha$ ima-

ginaire, on aura $h$ réel comme somme de deux séries à termes complexes conjugués :

$$(11)\quad \begin{cases} h = \lambda(x, y, t, i) + \lambda(x, y, t, -i), \\ \qquad \text{ou :} \\ h = \frac{1}{i}[\lambda(i) - \lambda(-i)]. \end{cases}$$

De telles expressions satisferont aussi à l'équation indéfinie (1) si les séries sont convergentes. Le terme général est alors de la forme :

$$C_i(a_j \cos p\beta t + b_j \sin p\beta t)\, e^{-p\alpha' t + \gamma_j x + \gamma_j y}.$$

Si : $$\alpha = \alpha' + \beta i.$$

J'examinerai plus tard ce cas, qui n'intervient pas dans ce qui suit. Il peut permettre d'étudier peut-être l'influence sur une source d'ondes périodiques, comme par exemple celles des vagues annuelles d'infiltration lointaine dans une nappe captive sur une source thermale ; ou encore de déceler la présence d'actions momentanées sur cette source.

On peut encore dire que l'application à un diagramme de débit de la théorie précédente revient à une « analyse harmonique » — dont les périodes (au moins dans le cas suivant) seraient imaginaires. Une surface d'infiltration peu différente d'un plan, ou peu courbée ($h$ petit, ou $z$ distance à un plan choisi comme repère, dans le cas où ce plan serait incliné et où, par un changement de coordonnées, on pourrait encore le ramener au premier cas de M. Boussinesq) — une telle surface correspond à une exponentielle fondamentale très importante, et à des harmoniques imaginaires 2, 3, etc. — nuls ou négligeables. Quand la courbure et l'irrégularité de la surface libre deviennent notables, les « harmoniques » 2 et 3 prennent rapidement de l'importance.

Les variations annuelles de ces harmoniques en période d'épuisement pourraient peut-être même, si l'on avait des évaluations assez précises des débits, fournir des renseignements sur les modifications de forme de la surface libre interne.

## II — Application à la recherche des formules de prévision de débit des sources

L'examen géologique du bassin et du réservoir d'alimentation de la source donnera des indications sur l'étendue de la surface libre, son élévation probable au-dessus du seuil, la largeur de ce seuil, la profondeur de la nappe, l'étendue et la forme du contour libre et des contours parois, en même temps que sur le coefficient d'imprégnation $\mu$ et les pertes de charge spécifiques moyennes de la roche perméable.

J'examinerai plus tard comment on pourrait tenir compte de ces données, et comment on pourrait en déduire *a priori* des renseignements sur les ordres de grandeur des fonctions $v_1$, $v_2$, etc..., qui déterminent la convergence et la rapidité de la série, et réciproquement comment on pourrait tirer de la formule du débit en fonction du temps des déductions au sujet de l'imprégnation et des pertes de charge de la roche.

Pratiquement, pour obtenir une prévision il suffit d'appliquer la méthode des coefficients indéterminés, laquelle indiquera de plus jusqu'à quelle puissance de $e^{-\alpha t}$ il faut aller. On posera donc, si l'on appelle Q ce débit au temps $t$ :

$$Q = U_1 e^{-\alpha t} + U_2 e^{-2\alpha t} + U_3 e^{-3\alpha t} + \ldots \tag{12}$$

Les quantités U dépendront de la nature et des dimensions de l' « appareil interne » et de la hauteur d'infiltration.

Une sorte de vérification expérimentale de cette théorie semble résulter de ce fait que : si l'on détermine d'abord une valeur de $\alpha$ en faisant passer une exponentielle par deux points d'un graphique de débit de source, comme on le verra plus loin, toute combinaison analogue à la formule (12) présente une courbe dont l'allure *est très voisine de celle du débit de la source*, et cela pour de grandes variations des coefficients supérieurs $U_2$ et $U_3$.

*Influence des infiltrations successives.* — Admettons un instant avec M. Boussinesq que l'eau infiltrée dans une période donnée de pluie soit arrivée tout entière au temps $\tau_0$ et produise une surélévation $h_0$ de la surface libre, alors :

$$h_0 = u_{(1/0)} + u_{(2/0)} + \ldots$$

d'où résulte un débit partiel :

$$q_\tau = k_1 u_{(1'0)} + k_2 u_{(2'0)} + \dots$$

Au bout du temps $\tau$, ce débit sera devenu :

$$q_0 = k_1 u_{(1'0)} e^{-\alpha\tau} + k_2 u_{(2'0)} e^{-2\alpha\tau} + \dots$$

C'est le débit que nous avons constaté, additionné d'ailleurs des débits partiels provenant de toutes les autres infiltrations qui ont eu lieu à des instants $\tau_0 \dots \tau_1 \dots$, etc. On a donc :

$$Q = \Sigma k_1 (u_{1'j}) e^{-\alpha\tau_j} + \Sigma k_2 u_{(2'j)} e^{-2\alpha\tau_j} + \dots$$

Soient $U_1$ $U_2$ les coefficients calculés, on a donc (en admettant que les quantités $k$ restent les mêmes pour les débits partiels successifs) :

$$U_1 = \Sigma k_1 u_{1'j} e^{-\alpha\tau_j}, \qquad U_2 = \Sigma k_2 u_{2'j} e^{-2\alpha\tau_j}, \text{ etc...}$$

Nous appellerons les quantités $k_1 u_{1'j} = v_{1j}$ $k_2 u_{2'j} = v_{2'j}$, etc., coefficients initiaux relatifs à l'infiltration partielle terminée à l'instant $\tau_j$.

Si l'on suppose par exemple concentrées au moment du maximum (ce qui n'est pas vrai, surtout pour la France, mais l'est avec quelque approximation pour les pays à hiver humide et à été très sec comme le nord de l'Afrique) les infiltrations principales donnant naissance à ce maximum, et soit $\tau$ l'intervalle de temps entre le maximum et l'instant $o$ où on a calculé les coefficients $U_1$ on a :

$$v_1 = U_1 e^{\alpha\tau} \qquad v_2 = U_2 e^{2\alpha\tau}, \text{ etc.}$$

On voit donc que le graphique d'une infiltration partielle se rapproche d'autant plus d'une exponentielle simple que cette infiltration a eu lieu à une époque plus reculée.

Si l'on admettait que les coefficients initiaux d'une infiltration quelconque soient proportionnels à des nombres constants, l'atténuation produite par le temps se fera d'abord sentir sur les termes supérieurs, et ne gagnera que peu à peu le premier terme.

On peut remarquer qu'un débit quelconque peut aussi se décomposer en une somme *de débits exponentiels*. Le fait analy-

tique est comparable à l' « analyse harmonique » des fonctions ; mais ici les périodes sont imaginaires pures.

Les considérations précédentes montrent en outre que les coefficients U d'une formule calculée à un instant quelconque et les coefficients initiaux définis plus haut sont de mêmes signes. Si d'une année à l'autre les signes de certains ont changé, c'est qu'il y a une modification dans les coefficients initiaux eux-mêmes, c'est-à-dire dans la répartition en surface des infiltrations, ou même, dans le cas d'une source en relation avec d'autres ou avec une nappe captive, dans les « pertes » de la source elles-mêmes.

## III — Sur la prévision des débits des sources du Zaghouan

Ayant eu en mains, au cours d'une mission en Tunisie, grâce à l'obligeance du service des eaux et de l'arrondissement de Tunisville, non pas le tableau des mesures exactes des débits des sources du Zaghouan près de Tunis, qui ne sont pas relevées, mais les nombres fournis chaque semaine au service du contrôle par la compagnie concessionnaire — au moyen desquels il est possible de reconstituer un graphique annuel approximatif de débit, j'ai essayé d'appliquer les principes précédents à la prévision et à la discussion des débits de ces sources.

On sait que ce massif est formé d'une grande masse de calcaire jurassique limitée de toutes parts par des terrains imperméables formant une ceinture latérale étanche (néocomien au N. W., éocène au S. E.). Ce massif est dans la profondeur en relation par continuité, au moins au N. W., avec une nappe captive attestée par l'existence de sources thermales. La résistance opposée par la roche à la descente des eaux en profondeur est suffisante pour maintenir une surface libre élevée à l'intérieur du massif. Cette nappe libre donne naissance à des sources en des points bas de la ceinture. La surface libre est inclinée assez régulièrement vers le Nord, où se trouvent deux sources importantes drainant la plus grande partie des eaux du massif et captées

aujourd'hui pour l'alimentation de Tunis. Ce sont *Aïn-Ayed* et la *Source de la Nymphée* (fig. 2).

Des débits de la première je ne m'occuperai pas, car elle sert, en outre, aux besoins locaux (ville et jardins de Zaghouan), et

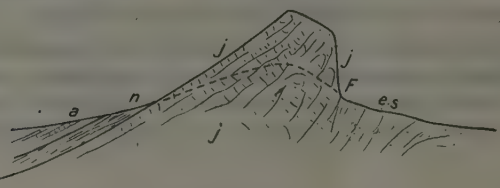



Fig. 2.

F faille du Zaghouan.
*j* calcaires jurassiques.
*n* néocomien.
*a* aptien.
*e*s éocène supérieur.
surface libre.

les nombres d'exploitation ne représentent que de trop loin le débit réel de cette source. Les nombres relatifs à la deuxième offrent, au contraire, une certitude plus grande. Ils ne représentent d'ailleurs le débit de la source que dans les périodes de fermeture complète des décharges, alors que l'eau est envoyée en totalité dans la conduite de Tunis, soit le plus souvent au voisinage des étiages. Ces nombres ne variant d'ailleurs pas toujours du jour au lendemain, montrent que les lectures effectives n'ont lieu que quand les circonstances météorologiques font prévoir un changement de débit. Le graphique anguleux obtenu en portant en abscisses, les jours et, en ordonnées, ces nombres, se trouve au-dessous de la courbe réelle de débit aux périodes ascendantes, et aux périodes descendantes qui nous occupent; il empiète plus ou moins sur la courbe réelle. Les angles rentrants sont à l'intérieur et les angles sortants à l'extérieur. En réunissant donc par un trait les angles saillants et les rentrants, on obtient deux courbes comprenant entre elles la courbe réelle (fig. 3). Quoi qu'il en soit,

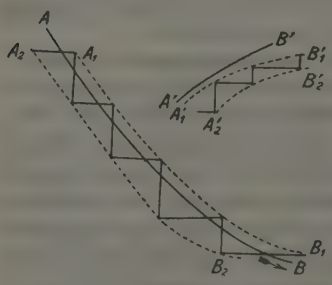



Fig. 3.
AB branche descendante.
A'B' branche ascendante.

ce mode de contrôle est très suffisant en tant qu'opération industrielle et administrative ; je n'ai donné tous ces détails qu'à titre de discussion purement scientifique sur la valeur des nombres utilisés.

Si, en outre, on considère séparément l'allure de ces deux courbes, on y constate encore des irrégularités qui, par exemple en périodes de sécheresse, ne s'expliquent pas par des infiltrations. Elles peuvent tenir ou à des erreurs par suite de trop grande hâte des lectures par le gardien, ou à des variations réelles de débit provenant de *variations dans le coefficient d'imprégnation* des tranches successives de roche occupées ou évacuées pendant le remplissage ou l'épuisement du réservoir d'alimentation. Or, les calcaires du Zaghouan sont par excellence des roches perméables en grand (grottes du Poste Optique, puits naturels débouchant dans le grand escarpement au-dessus de la « Faille », etc.). On sait que la présence d'une large caverne à la surface libre même produit, quand elle se vide, un palier de la courbe de débit, tandis que celle de fissures étroites ou peu nombreuses augmente l'inclinaison de cette courbe. Il en est ainsi par exemple dans le graphique de 1909 dont je donne une partie [fig. 4] (1).

On ne peut donc représenter par le calcul qu'une courbe moyenne donnant la valeur du débit, abstraction faite de ces variations instantanées. L'installation d'appareils de contrôle, sur les griffons mêmes et toutes les décharges, permettrait l'étude de ces variations instantanées, mais ne conduirait peut-être pas à une prévision beaucoup plus précise à quelque distance, en raison même de ces variations.

Je m'étais d'abord adressé à des fonctions algébriques donnant soit le débit en fonction du temps, soit le temps en fonction du débit. Aucune ne rend compte de l'allure des phénomènes surtout quand on s'éloigne du maximum, et c'est précisément là qu'apparaît l'utilité d'une telle formule.

Une exponentielle simple rend mieux compte des faits, surtout loin du maximum. Dans l'intervalle, elle offre un graphique trop peu courbé : la courbe réelle est nettement déprimée par rapport

(1) Une étude plus récente sur les infiltrations du massif m'a montré qu'en réalité ce graphique est plus exact qu'il ne semble ici. Les irrégularités précédentes sont plutôt dues à des actions rapprochées sur la source.

à elle. Le graphique brut de 1907 offre dans le courant de l'été, pendant près de 90 jours, une dépression constante correspondant à la non-indication de 800 à 900 $m^3$/jour. Si l'on fait abstraction de ce déficit constant, on arrive à une courbe très voisine d'une exponentielle simple. Telle est d'ailleurs aussi la formule qu'on obtient en partant de points pris ailleurs que dans cette partie déprimée.

Pour l'année 1908, dont les déterminations sont plus nombreuses et plus certaines et surtout qui a présenté une longue période sans aucune pluie de mai à octobre, j'avais choisi une formule analogue à celle de M. E. Maillet pour les sources de la Vanne (1) :

$$\log. Q + \alpha t = \beta.$$

Avec soit $\beta = C^{te}$, soit $\beta =$ fonction de Q ou de $t$.

L'unité de temps était le jour; l'origine étant fixée au 13 janvier 1907, on a pris comme points de départ les données suivantes :

$$\alpha = 0{,}002111 \qquad \beta = 5{,}1026 + v. \qquad v = \frac{5{,}75\left(\frac{Q}{1000} - a\right)\left(\frac{Q}{1000} - b\right)10^{-3}}{\left(\frac{Q}{1000} - 8{,}5\right)^2 + 1{,}09}.$$

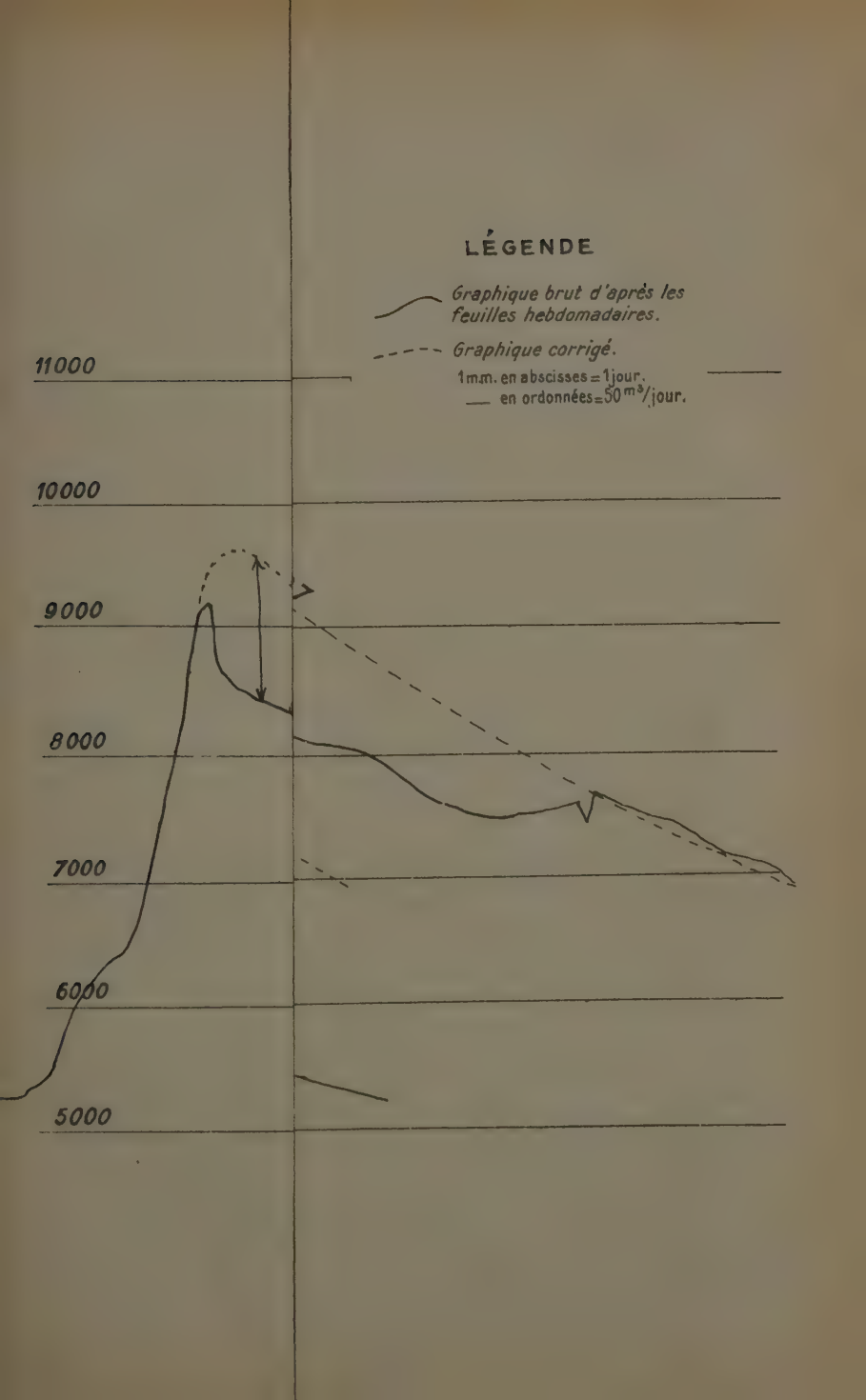
$$a = 11{,}15 \qquad b = 6{,}85.$$

| Q | $t$ | $v$. |
|---|---|---|
| 11150 | 500 | 0 |
| 9500 | 530 | — 0,014 ou — 0,012 |
| 8500 | 550 | — 0,026 |
| 6850 | 600 | 0 ou négl. |
| 5870 | 650 | *id.* puis $v = 0{,}093$ et au delà. |

Cette formule, pour des valeurs petites de Q, donne pour $v$ des valeurs petites et presque constantes; donc, la courbe se rapproche en période d'épuisement d'une exponentielle.

La fraction rationnelle $v$ a pour rayon de convergence $Q = 8500$, soit une valeur du tableau précédent. Ceci explique le peu de rapidité du développement de $v$ en fonction de Q pour les autres

(1) E. Maillet, *Sur la courbe des débits d'une source* (*C. R. Acad. Sc.*, CXXXVII, p. 676. 1903); *Sur la prévision des débits des sources de la Vanne* (*id.*, p. 947).


LÉGENDE
Graphique brut d'après les feuilles hebdomadaires.
Graphique corrigé.
1 m.m. en abscisses = 1 jour.
— en ordonnées = 50 m³/jour.
11000
10000
9000
8000
7000
6000
5000

valeurs, par suite, la difficulté où l'on est de le représenter par une fonction entière de peu de termes.

Pour l'année 1907, on obtient en partant des données :

| $t$ | $t$ (rapporté à 1908) pour comparaison | Q (1907) | Q (1908) pour comparaison |
|---|---|---|---|
| 130 | 500 | 11150 | 11150 |
| 234 | 604 | 7650 | 6650 |

On en déduit $\alpha = 0{,}00157$ (dans le système décimal et en prenant le jour pour unité).

Une deuxième exponentielle calculée par excès a donné :

$$\alpha = 0{,}001635, \qquad \text{et } \beta \text{ (rapporté à 1908)} : \quad \beta = 4{,}870.$$

Pour 1909, malgré un déversement de 700 à 800 m³ au voisinage du maximum, les débits relatifs à la période descendante suivante, qui ont été confirmés par la Compagnie des eaux, offrent une certitude relative. Pour $Q = 8500$, on a (courbe corrigée) $t = 869$ (même origine), soit 311 jours après le même débit de 1908. On a donc eu cette année de faibles débits bien plus tôt : 55 jours plus tôt qu'en 1908. On est donc parti des données suivantes :

| $t$ (1909) | T (1908) | Q | |
|---|---|---|---|
| 859 | 548 | 8930 | |
| 880 | 569 | 8070 | d'où : $\alpha = 0{,}002096$ |

presque le même qu'en 1908. Les deux graphiques sont d'ailleurs assez semblables, bien que celui de 1909 soit au-dessous de celui de 1908.

Mais les exponentielles simples ne pouvaient constituer qu'une première approximation, et, d'autre part, la correction $v$, calculée pour 1908 seulement, ne semblait pas devoir s'appliquer aux autres années, du moins sous la forme d'une fraction rationnelle semblable. C'est alors que je me suis adressé à une série exponentielle.

On a posé : $\alpha = 0{,}0015$,

et : $$Q = U_1\, 10^{-\alpha t} + U_2\, 10^{-2\alpha t} + U_3\, 10^{-3\alpha t}.$$

Pour 1907 et 1908, j'ai calculé les coefficients U pour les va-

leurs : $t = 0$, et $Q = 11150$. J'ai fait varier $t$ de 60 en 60 jours à partir de cette valeur et posé :

$$Z = 10^{-60\alpha} = 0{,}81282.$$

Les coefficients U sont alors donnés par les équations :

$$q_0 = U_1 + U_2 + U_3$$
$$q_1 = q_{(t+60)} = U_1 Z + U_2 Z^2 + U_3 Z^3$$
$$q_2 = U_1 Z^2 + U_2 Z^3 + U_3 Z^4$$

Une quatrième équation peut même servir à déterminer Z, par suite $\alpha$. Il est préférable de procéder par approximations successives. C'est de cette façon que j'ai remarqué que les valeurs les plus commodes de $\alpha$, celles qui rapprochent le plus la fonction d'une exponentielle simple, sont : $\alpha = 0{,}0015$ ou $\alpha = 0{,}0016$.

Les données initiales ont donc été, ainsi que les coefficients :

| | $q_0$ | $q_1$ | $q_2$ | $U_1$ | $U_2$ | $U_3$ | $\alpha = 0{,}0015$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1907 | 11150 | 8800 | 7300 | 10905 | 165 | 80 | |
| 1908 | 11150 | 8100 | 6260 | 9235 | — 2931 | 4846 | |

Pour 1909, on ne pouvait, par suite de la moindre valeur du maximum, prendre comme débit initial 11150. On a dû prendre : $q_0 = 8100$, $q_1 = 7250$ (après 30 jours, soit correspondant à $Z^{\frac{1}{2}}$), $q_2 = 6450$, d'où :

1909 $\quad U_1 = 8412 \quad U_2 = -1583 \quad U_3 = 1271$

*La comparaison de ces trois années* résulte de celle des formules de débit. D'abord le graphique de 1907 diffère peu de celui d'une exponentielle simple. Il n'en est pas de même de celui de 1908 qui présente toujours, de quelque valeur que l'on parte, un terme du troisième ordre positif et considérable (avec $\alpha = 0{,}0015$ ou $\alpha = 0{,}0016$, d'ailleurs).

La différence d'allure ressort aussi de la détermination approchée des cofficients initiaux : $u_m = 10^{m\alpha\tau} U_m$, $\tau$ étant l'intervalle de temps écoulé depuis le maximum précédent. On a ainsi les nombres suivants, qui ne sont d'ailleurs qu'approximatifs :

| | $\tau$ | $u_1$ | $u_2$ | $u_3$ |
|---|---|---|---|---|
| 1907 | 70 j. | 13890 | 267 | 165 |
| 1908 | 35 j. ? | 10422 | — 3733 | 6964 |
| 1909 | 45 j. (8 100) | 9826 | — 2160 | 2026 |

Si, de plus, on considère non les coefficients initiaux, mais leurs valeurs relatives, soit pour le premier les rapports : $\frac{u_1}{u_1 + u_2 + u_3}$ on trouve pour :

| | 1907 | 1908 | 1909 |
|---|---|---|---|
| $\frac{u_1}{u_1 + u_2 + u_3}$ | 0,97 | 0,765 | 1,01 |

On remarque que ce rapport est notablement moindre pour 1908 que pour 1907 et 1909.

La présence d'un élément du troisième ordre important en 1908 ne semble guère être contestable, malgré l'incertitude affectant toujours les données qui ont servi au calcul. En 1909 aussi, cet « harmonique » apparaît. Quelles interprétations ce fait comporterait-il ?

Il semblerait qu'en 1907 et en 1908, la forme de la surface libre interne ait été différente. En 1907, elle est très voisine d'un plan, puisque le graphique de débit est presque une exponentielle, et plus voisin d'une droite qu'en 1908. En cette année et en 1909, il semble qu'elle ait subi une surélévation locale qui aurait donné naissance aux termes supérieurs. Ce fait peut s'expliquer par la présence du « couloir de la Nymphée » directement au-dessus de la source, et par les chutes considérables et *brusques de pluie* un peu après le 20 mars 1908 (plus de 180 millimètres en quinze jours). La période du maximum est malheureusement celle des pertes et des déversements non contrôlés, par suite celle où l'incertitude des mesures est la plus grande; cependant, il semble que le maximum ait eu une forme *plus arrondie et moins saillante* qu'en 1907, peu en rapport avec la brusquerie de la montée qui l'a précédé. Par contre, en 1907, pendant l'hiver, beaucoup de neige était tombée sur la montagne; cette neige, par sa fusion, a donné naissance à une infiltration abondante et surtout locale. Cette infiltration s'est produite autant dans les fissures des parties hautes de la roche que dans les ravins. On aurait donc eu en 1907 une infiltration répartie sur la surface libre d'une façon plus uniforme qu'en 1908; de là une surface libre en épuisement plus plane, par suite un graphique de débit plus voisin d'une exponentielle. En 1908, au contraire, l'alimentation au mois d'avril a eu lieu d'abord par

le couloir de la Nymphée, puis par des déversements progressifs et peu réguliers de cours d'eau souterrains provenant de parties basses parfois éloignées du griffon de la source.

Une autre cause peut aussi être envisagée. Si l'on ouvrait une communication entre la nappe libre et une nappe ou un réservoir absorbants, autrement dit, si la nappe avait des pertes locales nouvellement produites et à quelque distance de la source, il se produirait en cet endroit une dépression de la surface libre. La portion de cette surface alimentant la source deviendrait plus étroite et *offrirait des pentes plus accentuées;* d'où, dans la formule du débit, la présence d'un terme négatif (déficit) et d'un autre terme d'ordre supérieur — soit ce que nous trouvons précisément dans la formule de 1908.

Or, en 1909, le maximum qu'on aurait été en droit d'attendre d'après les chutes de pluie de l'hiver n'a pas été atteint. Ce maximum, déterminé au moyen du graphique corrigé d'un déversement journalier de près de 1.000 m³, ne dépasse pas 9.600 à 9.700 m³ par jour. La différence est même notable. J'ai fait, à ce propos, le calcul approximatif suivant :

Si l'on suppose que le débit dû aux eaux précédemment infiltrées soit au 1er mars 1908 de 4.648 m³/jour (en réalité il varie, mais lentement), le total relatif aux 50 jours qui ont suivi a été de 232.400 m³. Le total offert par les feuilles hebdomadaires pour la même période a été de 429.162. La quantité due à l'infiltration a donc été de 196.762 pour une chute de pluie dans le même temps de 190,7 millimètres à Zaghouan-ville, cause reconnue de l'infiltration.

En 1909, dans la période correspondante d'hivernage, répartie de la même manière autour du maximum, le débit restant était d'environ 5.101, d'où en 50 jours : 255.050 pour un total de 322.156 — restent donc dus aux infiltrations : 67.106 pour une chute totale de pluie de 111,5 millimètres.

Si rien n'a été changé dans l'appareil interne, le rapport de ces quantités d'eau aux chutes de pluie est très près d'être proportionnel aux coefficients d'infiltration. On aurait donc pour ces rapports :

$$\text{pour } 1908 \quad \frac{196}{190} = 1{,}03 \qquad \text{et pour } 1909 \quad \frac{67}{111} = 0{,}604$$

Ces nombres ont donc varié comme de 1 à 0,6.

On sait combien sont variables les coefficients d'infiltration sous des influences multiples : température, vitesse du vent, humidité de l'air, insolation, hauteur même de chaque chute de pluie. Or les nombres précédents sont relatifs à la *même montagne* et à la *même époque de l'année ;* les chutes d'eau surtout diffèrent. J'avoue que le coefficient d'infiltration d'une pluie aussi copieuse que celle de fin mars 1908, dans des calcaires cariés sans humus, doit être supérieur à celui de petites pluies ou de pluies moyennes. Mais est-ce dans la proportion de 0,6 à 1 ? Pour conclure avec certitude, il importerait d'avoir des données directes et précises sur les coefficients d'infiltration.

Certaines publications, étrangères il est vrai aux questions techniques, ont prétendu que « les débits de cette source ont été constamment en diminuant ». D'autre part, le déplacement vers le sud du « Temple des Eaux » du griffon principal, au moins à partir de l'époque romaine — et antérieurement aux opérations de dégagement de 1883 — semble indéniable, ainsi que l'existence de venues d'hiver accidentelles dans un thalweg voisin à une cote peu inférieure à l'altitude moyenne du griffon capté.

Quoi qu'il en soit, les déterminations ne sont ni assez précises ni échelonnées sur une période suffisante pour permettre de conclure.

*Méthode applicable pour la prévision.* — On construit le graphique des débits à partir du maximum de l'année (de mars à mai, suivant l'époque de la fin des grandes pluies) pendant 30 à 50 jours, comme on l'a fait plus haut.

Cette détermination donne l'exponentielle simple fondamentale. Une prévision plus exacte s'obtiendra par une formule à trois termes :

$$q = U_1 10^{-\alpha t} + U_2 10^{-2\alpha t} + U_3 10^{-3\alpha t}$$

La détermination de ces coefficients nécessite une période plus longue. On pourra supposer, provisoirement, que les coefficients initiaux de l'année en cours sont proportionnels à ceux de l'année précédente. Ainsi, en se fondant sur le peu de différence entre les coefficients de 1908 et 1909, on pourra prendre comme coeffi-

cients initiaux pour 1910 les nombres : $9000\,a$, $-2300\,a$ et $3000\,a$, d'où, pour une époque de $\tau$ jours après ce maximum (sans infiltrations toutefois pendant cette période) :

$$q_0 = [9000\,10^{-\alpha t} - 2300\,10^{-2\alpha t} + 3000\,10^{-3\alpha t}]\,a,$$

d'où l'on déduit le rapport $a$ et les coefficients $U_1$ $U_2$ $U_3$ de la formule.

L'application de cette formule provisoire pendant quelques semaines indiquera s'il y a des modifications à faire à ces coefficients ; d'où, quand les mesures seront plus certaines et plus précises, des renseignements sur la répartition des infiltrations et les pertes possibles, comme on l'a vu plus haut.

D'ailleurs, comme on peut s'en convaincre en calculant les différentielles des coefficients, à de faibles variations de débits peuvent correspondre des variations considérables de ces coefficients ; par suite, $\alpha$ étant choisi une fois pour toutes (0,0015 ou 0,0016), des différences notables dans les coefficients ne donnent que de faibles erreurs sur les débits (en supposant toutefois que $q_0 = \Sigma U$), qui vont encore en se réduisant à mesure que l'on s'éloigne du maximum.

C'est ce qui me semble constituer le principal intérêt pratique de cette méthode.

Dans le cas du calcul du troisième terme au moyen de trois valeurs de $q$ mesurées à des intervalles de temps égaux $\theta$ (ici $\theta = 60$ j.), on pourra utiliser les formules suivantes :

$q_0$ débit au temps $o$, $q_1$ au temps $\theta$, $q_2$ au temps $2\theta$,

$$Z = 10^{-\alpha\theta} \qquad Z^2 = 10^{-2\alpha\theta}$$

$\alpha$ étant donné, on aura :

$\log Z^{-1} = \operatorname{colog} Z = \alpha\theta$, d'où : $Z$ et $Z^2$ $Z^{-1}$ et $Z^{-2}$.

alors :

$$u_3 = \frac{q_0 - q_1 Z^{-1}}{Z(1-Z)^2} - \frac{q_0 - q_2 Z^{-2}}{Z(1-Z)(1+Z)} = \lambda_3 - \mu_3$$

$$u_2 = -(1+Z)\,u_3 + \frac{q_0 - q_1 Z^{-1}}{(1-Z)}$$

$$u_1 = q_0 - u_2 - u_3$$

*Valeurs de $\alpha$ pour lesquelles $u_3$ est minimum.* — Les coeffi-

cients $u$ étant fonctions de $\alpha$ seul, on doit avoir $\frac{du_3}{d\alpha} = o$. Or, on a, outre les équations de définition des $u$ (M étant le module des logarithmes népériens), si l'on pose $\underline{\alpha}\theta = \underline{\beta}$, $\theta\, d\alpha = d\beta$ :

$$du_1 + du_2 + du_3 = o$$

$$10^{-\beta} du_1 + 10^{-2\beta} du_2 + 10^{-3\beta} du_3 - \frac{d\beta}{M}(q_1 + u_2 10^{-2\beta} + 2\, u_3\, 10^{-3\beta}) = o$$

$$10^{-2\beta} du_2 + 10^{-4\beta} du_2 + 10^{-6\beta} du_3 - 2\frac{d\beta}{M}(q_2 + u_2 10^{-4\beta} + 2\, u_3\, 10^{-6\beta}) = o$$

Si $du_3 = o$, on a un système de trois équations linéaires et homogènes en $\frac{du_1}{d\beta}$ et $\frac{du_2}{d\beta}$ qui doivent admettre des solutions non toutes nulles, il faut donc que :

$$2(10^{-\beta} - 10^{-2\beta})(q_2 + 10^{-4\beta} u_2 + 2.10^{-6\beta} u_3) - (10^{-2\beta} - 10^{-4\beta})(q_1 + 10^{-2\beta} u_2 + 2 10^{-3\beta} u_3) = o$$

ou en remplaçant $10^{-\beta}$ par $z$ :

$$2(z - z^2)(q_2 + u_2 z^4 + 2\, u_3 z^6) - (z^2 - z^4)(q_1 + u_2 z^2 + 2\, u_3 z^3) = o$$

ou comme $z \neq o$ et $z \neq 1$ :

$$2(q_2 + u_2 z^4 + 2\, u_3 z^6) - z(1 + z)(q_1 + u_2 z^2 + 2\, u_3 z^3) = o$$

Telle est la quatrième équation à laquelle il faut satisfaire, en outre des relations de définition des coefficients $u_1 u_2 u_3$.

Je donne à l'appui les valeurs de $u_1 u_2 u_3$ pour 1908 calculées en faisant successivement $\alpha = 0{,}0014$, $0{,}0016$ et $0{,}0017$

| $\alpha$ | $u_1$ | $u_2$ | $u_3$ |
|---|---|---|---|
| 0,0014 | 13874 | — 15147 | 12423 |
| 0,0016 | 2159 | + 636,3 | 8355 |
| 0,0017 | 13597 | — 11012 | 8565 |

Ce tableau montre encore une fois la valeur considérable de l'élément d'ordre 3 pour cette année 1908, si l'on choisit un exposant $\alpha$ voisin de celui de 1907. Mais si l'on calcule l'exposant $\alpha$

qui pour 1908 donne la série la plus convergente, c'est-à-dire la formule qui se rapproche le plus d'une exponentielle, on trouve :

| $\alpha$ | $U_1$ | $U_2$ | $U_3$ |
|---|---|---|---|
| 0,0018 | ? | ? | 17116 |
| 0,0022 | 13750 | — 7020 | 4420 |
| 0,0023 | | | 2319 |
| 0,0024 | 12004 | — 1382 | 528 |
| 0,002433 | 11777 | — 588 | 40 |
| 0,0025 | 11413 | 778 | — 1041 |

Le coefficient $\alpha$ qui pour 1908 correspond à celui de 1907 est donc voisin de 0,00243, soit beaucoup plus grand. On doit de plus remarquer que la formule renferme toujours au moins un terme négatif, ce qui n'a pas lieu en 1907. On peut encore remarquer que les coefficients des termes supérieurs sont toujours plus grands que ceux de 1907. Ces résultats confirment donc encore la manière de voir précédente.

*Coefficients de tarissement.* — Si l'on appelle avec M. Boussinesq coefficient de tarissement le coefficient changé de signe de $t$ dans l'exponentielle simple ($Ae^{-\alpha' t}$) qui représente le débit de la source quand l'épuisement est suffisant pour permettre de négliger les dénivellations de la surface libre par rapport à la hauteur du seuil, on voit que ces coefficients ne seraient pas les mêmes pour 1908 et 1909 que pour 1907. En effet, comme on l'a vu (p. 119) par les exponentielles qui, sauf correction momentanée, représentent le débit immédiatement avant les infiltrations d'automne, on a (M étant le module des logarithmes népériens) :

en 1907 $M\alpha = 0,0016$ $\alpha = 0,00368$
en 1908 et 1909 $M\alpha = 0,0021$ $\alpha = 0,00483$

La différence est notable et varie presque *comme de 3 à 4*. On pourrait en conclure, en appliquant les résultats relatifs aux relations de $\alpha$ avec la largeur de la nappe, la hauteur de la ligne de faîte et celle du seuil, que, dans l'intervalle, le périmètre d'alimentation propre de la source a diminué, ou que son seuil s'est abaissé.

L'abaissement du seuil peut résulter de pertes au captage, la diminution du périmètre d'alimentation propre à la source peut

n'être qu'apparente et provenir de l'influence plus grande du couloir de la Nymphée (voir p. 121), ou peut résulter d'un élargissement de la communication de la nappe libre avec la nappe captive. La durée limitée des observations et leur peu de précision, bien que celles des périodes d'épuisement soient meilleures que les autres, ne permettent pas, dès aujourd'hui, de choisir entre ces diverses hypothèses.

On peut en outre remarquer combien ces valeurs sont élevées par rapport, par exemple, aux nombres trouvés par M. E. Maillet pour les sources des environs de Paris (seule la source de Cérilly [Vanne] a un coefficient égal à celui de 1907). Cette différence me semble tenir à la nature particulièrement caverneuse et perméable en grand de la roche, et à l'altitude moyenne relativement considérable du sol au-dessus des sources. (Le Poste Optique est à près de 700 mètres au-dessus du griffon et le Grand-Pic à près de 1.000 mètres, et la ligne de faîte de la surface libre par endroits à plus de 150 mètres.)

---

# FLORE FOSSILE DU TRIAS

## EN LORRAINE

## ET EN FRANCHE-COMTÉ

Par P. FLICHE

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT, ANCIEN PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE FORESTIÈRE [1]

(*Suite et fin*) [2]

---

### BOIS DE CONIFÈRES

Comme je l'ai déjà dit incidemment plus haut, on trouve, et même en assez grande quantité, des fragments de bois décortiqués dans les trois étages du Trias, au pied occidental des Vosges ; ces bois, en ce qui concerne le grès bigarré, ont été déjà

---

1. Au moment de sa mort, survenue le 29 novembre 1908, M. Fliche travaillait activement à l'achèvement de son étude sur la *Flore fossile du Trias en Lorraine et en Franche-Comté*. Mme Fliche a bien voulu me charger de rassembler les documents laissés par lui et de terminer si possible la publication de ce travail.

J'ai retrouvé un certain nombre de feuillets d'un manuscrit complètement rédigé et prêt à l'impression : ce sont les pages 222 à 257. Pour la fin de l'ouvrage, je n'ai trouvé que des notes relatives à divers fossiles. A l'aide de ces documents, j'ai rédigé la description de ces fossiles : je me suis parfois borné à reproduire les notes, quand elles étaient assez détaillées ; d'autres fois, je les ai complétées, pour la partie descriptive ou pour la partie bibliographique, en me référant aux ouvrages indiqués sommairement par l'auteur. En tout cas, je me suis strictement conformé à l'esprit des notes, je me suis efforcé de rendre la pensée de leur auteur, en faisant abstraction de toute idée ou impression personnelle. J'ai été grandement aidé par M. R. Zeiller qui a bien voulu revoir cette rédaction et que je suis heureux de remercier de la bienveillance qu'il m'a témoignée.

M. Fliche annonçait (p. 15) que le travail se terminerait par des considérations sur la distribution des espèces, leur abondance, sur la comparaison des fossiles du Trias lorrain avec ceux des autres régions, sur les relations de la flore du Trias avec celles qui l'ont précédée et suivie. Aucune note n'ayant été retrouvée sur ce sujet, M. R. Zeiller a accepté de rédiger ce chapitre final. Ph. GUINIER.

2. Voir *Bulletin des séances de la Société des sciences de Nancy*, t. VI, fasc. 3 (mai-août 1905), — t. VII, fasc. 2 (avril-juillet 1906), — t. IX, fasc. 2 (février 1908).

signalés par Schimper et Mougeot qui en ont même figuré quelques fragments, mais sans pouvoir en décrire la structure, n'ayant pu, malgré les essais qu'ils avaient fait, obtenir des lames minces à structure conservée. En 1851, Lebrun, dans sa communication au Congrès scientifique de France, en signalait, mais d'un mot seulement, dans le muschelkalk supérieur des environs de Lunéville. J'ai eu entre les mains plusieurs échantillons provenant, comme je viens de le dire, des trois étages du Trias ; ils étaient d'ailleurs à des états de conservation très différents. Je vais dire ce qu'il en est en passant successivement en revue ceux de chacun des trois étages. En ce qui concerne le grès bigarré, entendu dans son sens le plus large, c'est-à-dire comme je l'ai fait jusqu'à présent, en y comprenant les assises généralement rapportées aujourd'hui au Trias moyen, je n'ai pas été plus heureux que Schimper et A. Mougeot, au moins, pour les échantillons provenant de ma circonscription florale ; tous sont de simples moulages ou les restes de structure fort insignifiants et ne sont par suite susceptibles d'aucune étude anatomique ; la matière inorganique qui a remplacé la substance végétale est le peroxyde de fer qui leur donne une couleur rouge plus ou moins brune ; il est très défavorable, comme on le sait, à la conservation de la structure, c'est certainement à ce mode de fossilisation qu'est due l'absence ou la quasi absence de celle-ci chez les échantillons examinés. J'en ai étudié un cependant qui en présente des lambeaux assez grands pour permettre de constater le type auquel il appartient, mais il a été recueilli en Alsace et m'a été obligeamment communiqué par M. Kampmann. Bien qu'il soit, on le voit, étranger à ma circonscription florale et qu'il soit bien imparfait, je le décrirai à cause de l'intérêt qu'il présente, puisque, jusqu'à présent, on n'a rien trouvé de meilleur, ni même d'aussi bon dans le grès bigarré.

On rencontre aussi, en diverses localités, des échantillons de bois dans le Trias moyen, entendu dans son sens le plus étroit, c'est-à-dire dans le muschelkalk ; mais, bien souvent, ils sont dans un état qui ne permet d'en tirer aucun parti : tels sont des échantillons de Rambervillers et d'Haillainville (Vosges), qu'a bien voulu me communiquer l'abbé Boulay ; en partie carbonisés, en partie spathisés, ils ne pourraient fournir de coupes à structure conservée pour l'étude microscopique. D'autres sont meil-

leurs, tels ceux que j'ai vus dans la collection Mougeot : ils sont silicifiés, provenant du muschelkalk de Bedon et de Dompierre, dans les Vosges. Un échantillon de cette dernière localité y est même qualifié de *Peuce Braunianus* et quatre autres de *Peuce sp.* sans qu'il ait été pratiqué de coupes minces, semble-t-il [1] : ces bois, ainsi silicifiés, sont souvent à structure remarquablement conservée ; on le verra par ce que j'en dirai plus loin.

Enfin, on trouve aussi de ces bois silicifiés à structure très bien conservée, ressemblant de tous points à ceux du muschelkalk, dans le Trias supérieur où ils semblent d'ailleurs être fort rares, comme tous les fossiles, au moins dans les marnes irisées inférieures ; il est juste d'ajouter qu'on ne paraît pas les avoir beaucoup recherchés, même dans l'ensemble du Trias supérieur.

Je vais d'abord parler de l'échantillon à structure si imparfaitement conservée, trouvé dans le grès bigarré et qui m'a été communiqué par M. Kampmann : j'en ferai la description macroscopique, puis j'étudierai les vestiges de structure qu'il présente ; mais sans lui donner un nom générique ; il serait impossible, en effet, de lui assigner des caractères quelque peu précis ; je passerai ensuite aux échantillons à structure mieux conservée du muschelkalk et des marnes irisées.

57 *bis*. L'échantillon du grès bigarré qui m'a été communiqué par M. Kampmann a été recueilli à Westhofen, près de Wasselonne, dans la Basse-Alsace (ancien département du Bas-Rhin), il est rempli de débris végétaux, ligneux surtout, dans lesquels la matière organique a été remplacée par du peroxyde de fer.

Le plus intéressant est un grand morceau de tige ou de grosse branche mesurant 175 millimètres de longueur, 38 de largeur maxima, 22 de largeur minima et 11-12 d'épaisseur, l'organe s'étant aplati par suite d'une forte compression, durant la fossilisation, antérieurement à la minéralisation ; l'écorce a disparu et il y a même des éclats de bois enlevés antérieurement à la fossilisation, semble-t-il ; la moelle était large ; elle est remplacée aujourd'hui par du grès ; l'étui médullaire mesure 12 millimètres dans sa plus grande largeur, 6 dans sa plus petite ; une section transversale, pratiquée à la scie, montre, d'ailleurs, que la sur-

1. Il est vrai qu'au moment où A. Mougeot a étiqueté ces fossiles, on se bornait bien souvent, pour étudier les bois à structure conservée, à en détacher, au marteau, un petit et mince éclat, ce qui pouvait laisser peu de traces.

face intérieure de l'étui médullaire est assez irrégulière et qu'il y a même une lame de peroxyde de fer dans le grès, ce qui indique un léger agrandissement de cet étui, par suite de décomposition avant la minéralisation. On voit, à la surface, deux cicatrices raméales du côté non engagé dans la roche ; elles sont assez rapprochées, l'une un peu plus forte que l'autre ; elles indiquent par leur position relative entre elles et leur place par rapport au reste de la surface de l'axe principal, une ramification n'obéissant à aucun ordre régulier.

Les coupes microscopiques sont extrêmement médiocres ; cependant elles montrent, d'une façon incontestable, qu'il s'agit d'un bois de conifère ; les portions les moins mauvaises de la coupe transversale montrent que la cavité des trachéides est généralement remplie, peut-être, en partie au moins, par gonflement de la portion interne de la paroi ; qu'elles sont de contour quadrangulaire irrégulier plus ou moins arrondi ; elles ne sont pas très grandes et sont disposées en files assez régulières ; les rayons paraissent assez nombreux ; ils sont formés d'une seule file de cellules. La coupe radiale est encore plus mauvaise ; cependant on voit nettement des ponctuations aréolées peut-être réduites parfois à une file, ce qui paraît être seulement une apparence due au mauvais état de la paroi des trachéides, plus souvent à deux ou trois files où elles sont comprimées.

En résumé, on peut affirmer qu'on est en présence d'un bois à structure araucarioïde, auquel on pourrait attribuer le nom générique d'*Araucarioxylon*, ou, même encore, celui de *Dadoxylon* que M. le Dr Gothan propose de reprendre pour ces bois anciens présentant la structure en question et dont l'attribution, non seulement à un groupe déterminé de Conifères, mais à cette classe même, reste douteuse. En effet, en admettant qu'il s'agisse ici réellement d'un Conifère, ce qui est assez probable, n'ayant à notre disposition que du bois, et de plus en aussi mauvais état, il serait impossible de risquer même une simple vraisemblance pour l'attribuer à un des genres connus par leurs feuilles ou leurs fruits plutôt qu'à un autre.

Comme je l'ai déjà dit, les bois à structure conservée, provenant du muschelkalk et des marnes irisées, sont en bien meilleur état : il y a cependant quelques différences sous ce rapport ; je

me bornerai à étudier, dans ce qui va suivre, ceux qui sont assez bien conservés pour permettre une description précise; tous appartenant au seul genre *Araucarioxylon,* je donnerai des noms spécifiques aux divers types se différenciant les uns des autres par des caractères bien appréciables, mais sous les réserves que j'ai déjà, bien souvent, exprimées pour ces soi-disant espèces.

### *Araucarioxylon* Kr.

Jusqu'à présent, on n'a signalé d'une façon certaine, dans le Trias, que deux espèces (?) appartenant à ce type d'organisation: l'*A. Keuperianum* Ung. sp. et l'*A. Thuringiacum* Bornemann.

Tous les bois à structure conservée que j'ai pu étudier, provenant du muschelkalk ou du keuper, appartiennent, sous quelques réserves exposées plus loin, à ce type d'organisation; la structure est d'ailleurs très irrégulièrement conservée; je commencerai par décrire ce qui me semble avoir déjà été observé ailleurs, puis je passerai aux formes qui me paraissent n'avoir point encore été étudiées.

58. **Ar. Thuringiacum** Bornem. sp.

*Araucarites thuringiacus* Bornemann. *Ueber organische Reste der Lettenkohle von Gruppe Thüringens*, 61, pl. II, III, fig. 1-8, 1856.

*A. thuringiacum* Kr. in Schimp. Tr. Pal. vég., II, p. 384, 1870-1872 (1).

M. le Dr Briquel a recueilli, à Mont-sur-Meurthe, dans le muschelkalk, un échantillon de bois silicifié, de faibles dimensions, ayant 23 millimètres de hauteur moyenne, sans présenter de grandes variations soit en plus, soit en moins, il a 45 millimètres de plus grand diamètre et 29 de plus petit; il est gris blanc taché de brun noirâtre; à l'œil nu et à la loupe, il est visible que l'on est en présence d'un bois à structure conservée, mais elle ne paraît pas l'être très bien; il semble même qu'en certains endroits il n'y en ait pas; on le voit encore mieux sur une section longitudinale pratiquée pour effectuer des préparations microscopiques; une de ces lacunes, remplie de matière

1. Dans la synonymie de l'espèce, Kraus, dans le même ouvrage, indique le nom d'*Araucarioxylon thuringiacum* comme déjà donné par lui en 1867, dans un mémoire inséré au tome VI du *Nat. rw. Zeitschr.* de Wurzbourg; or, si on se reporte à cette publication, on voit que le bois en question est cité accidentellement et sous le nom d'*Araucarites thuringiacus* créé par Bornemann.

amorphe, visible sur cette coupe, est même assez régulièrement cylindrique et n'est pas sans rappeler certaines galeries d'insectes lignivores. Sur la section transversale naturelle on ne voit pas traces d'accroissements annuels et on n'en voit pas davantage à la loupe sur une coupe mince.

L'examen microscopique confirme ce qui résulte de l'examen macroscopique, mais il montre qu'à certains endroits des préparations la structure est assez bien conservée. La coupe transversale présente le tissu ligneux souvent très bien conservé, mais irrégulièrement et avec des lacunes; les trachéides sont le plus souvent en place, ou peu s'en faut, mais aussi parfois en lignes courbes par suite de compression; en quelques rares endroits, il semble qu'il y ait des traces de couches annuelles, mais sans continuité; à un examen approfondi, on voit que cela est dû à quatre ou cinq rangées de trachéides à section plus rectangulaire, sans épaississement sensible, d'ailleurs, des parois; il ne semble pas que ce soit un résultat de compression. Les rayons sont formés d'un seul plan de cellules; en certains endroits, parfois assez nombreux, on voit des lacunes simulant des canaux résinifères; mais il est visible que ce sont des lacunes dues à la destruction du tissu ligneux; elles ne sont entourées d'aucun tissu parenchymateux; les trachéides sont de moyenne grosseur, de dimensions et de formes d'ailleurs variables, parfois arrondies et formant des files souvent assez irrégulières; quelquefois, elles sont bien nettement quadrangulaires, mais sans être franchement ni rhomboïdales, ni carrées, ni rectangulaires, sauf le cas qui vient d'être signalé où elles ne le sont pas même bien franchement. La coupe tangentielle montre les mêmes destructions de tissus que la coupe transversale; il y a peut-être des traces de ponctuations sur les trachéides, mais elles sont très douteuses. Les rayons présentent de une à treize files de cellules superposées; les chiffres extrêmes sont rares, surtout le premier, ce sont les nombres de 3 à 9 qui sont prédominants; souvent la paroi de ces cellules est plus ou moins détruite, surtout celle par laquelle deux cellules se tiennent.

La coupe radiale montre habituellement les mêmes destructions de tissus que les deux autres; les trachéides sont de type araucariforme, généralement à un seul rang de ponctuations de dimensions un peu variables, généralement faibles, étant parfois

bien arrondies et même isolées, ce qui s'observe même chez des Araucariées vivantes, mais, le plus souvent, comprimées de bas en haut, donnant presque, lorsqu'elles le sont beaucoup et après destruction d'une partie de la membrane, l'illusion d'une paroi scalariforme; sur les trachéides étroites, les ponctuations occupent la surface de la paroi radiale des trachéides; sur celles qui sont larges, elles sont, au contraire, déjetées d'un côté, laissant à côté d'elles une assez grande surface libre. Certaines trachéides, surtout au contact des rayons médullaires, sont remplies d'une substance très brune; se serait-elle substituée à de la résine? Elle peut être fracturée d'une façon très régulière, laissant des espaces libres entre les fragments, si bien qu'à première vue il semblerait qu'on est en présence de cellules superposées. Les cellules des rayons médullaires n'ont pas de ponctuations bien visibles; elles contiennent souvent une matière brune, assez abondante qui, se collant sur la paroi, donne l'illusion d'une membrane très épaisse, alors qu'elle l'est peu au contraire; la paroi de deux cellules en contact dans une même file peut être oblique.

Par tous ces caractères importants, forme, dimensions et ponctuation des trachéides, constitution des rayons médullaires, nombre de ceux-ci, ce bois ressemble complètement à celui qui a été décrit par Bornemann, sous le nom de *Araucarites thuringiacus,* et rencontré en divers endroits dans la Lettenkohle de la Thuringe. Il y aurait un seul caractère distinctif important, s'il était réel; ce serait la présence de canaux résinifères que Bornemann prétend avoir constatée chez le bois de Thuringe, et qui fait certainement défaut à celui de Mont. Mais il ressort très évidemment du texte et des figures de l'auteur qu'il a commis une erreur, que ce qu'il a pris pour des canaux résinifères serait ces lacunes verticales dues à une disjonction et surtout une destruction des tissus, comme nous en avons rencontré chez le bois de Mont; ces phénomènes de destruction avaient donc existé de part et d'autre, ce qui serait plutôt une preuve à l'appui de l'identification et, en effet, les différences que l'on peut saisir sont absolument insignifiantes; Bornemann en a constaté de semblables entre les différents échantillons soumis à son étude et il ne s'y est pas arrêté, avec raison, les bois actuels pouvant en présenter d'égales et même de supérieures entre échantillons de même espèce, quelquefois du même arbre.

Un autre échantillon de Rehainvillers aux environs de Lunéville, trouvé au même horizon et appartenant également à la Faculté des sciences de Nancy à laquelle il a été donné par Lebrun, me paraît appartenir à la même espèce, quoique avec un peu de doute, à raison de sa structure moins bien conservée.

Il est beaucoup plus volumineux puisqu'il mesure 139 millimètres de longueur, 44 d'épaisseur dans un sens et 46 dans l'autre ; il est gris brunâtre avec des taches plus ou moins étendues brunes ou noirâtres ; il est essentiellement silicifié. Il présente des apparences de couches annuelles que ne justifie pas l'examen microscopique et qui sont dues sans doute à des écrasements de cellules, quoique, sur une brisure réduite de l'échantillon, on voie bien la structure ligneuse et même, sous une incidence convenable de la lumière, les rayons médullaires ; la structure histologique ne paraît pas devoir être très bien conservée, il y a des lacunes entourées de matière qui paraît amorphe ; il semble qu'il y a eu un commencement de décomposition antérieurement à la fossilisation. L'étude microscopique confirme pleinement ces prévisions. La coupe transversale ne présente que, par places, des trachéides avec leur forme primitive ; le plus souvent ces trachéides sont déformées, plus ou moins écrasées ; dans tous les cas, qu'elles aient leur forme ou qu'elles aient été déformées, elles sont généralement réduites à leur membrane commune ; lorsque la forme normale s'est maintenue, ces trachéides ressemblent, sous ce rapport et sous celui des dimensions, à celles de l'échantillon de Mont ; les rayons médullaires présentent un seul rang de cellules. La coupe radiale est des plus médiocres : elle confirme les déformations de trachéides et les destructions de tissus observées sur la coupe radiale ; les ponctuations aréolées ne se voient naturellement pas en général ; lorsque, très rarement, on en aperçoit des traces, elles sont semblables, comme dimensions et position, à ce qu'on observe sur l'échantillon de Mont. Quant à la coupe tangentielle, la meilleure des trois, elle permet de se rendre souvent très bien compte du nombre et de la structure des rayons médullaires ; ce nombre, celui des cellules dans chaque rayon, la forme et les dimensions de celles-ci concordent exactement avec ce qu'on observe chez l'échantillon de Mont.

De tout ce qui vient d'être exposé il me semble légitime de

conclure que ce bois appartient, comme celui de Mont, quoique avec un peu plus de doute, à l'*A. thuringiacum* Born.

Muschelkalk. Meurthe-et-Moselle, Mont-sur-Moselle (*Briquel*); Rehainvillers (*Lebrun*); [Coll. de la Faculté des sciences de Nancy].

59. **A. Keuperianum** Gœpp. sp. Pl. XXIII, fig. 1, 2, 3.

*Araucarites Keuperianus* Gœpp. *in Brom. Gesch. der Natur.*, III, 2, p. 42.
*Dadoxylon Keuperianum* Endl., *Syn. conif.*, p. 299.
*Pinites Keuperianus* Ung., *Chloris prot.*, p. 31.
*Araucarites Keuperianus* Gœpp., *Monog. der foss. Conif.*, p. 234. 1850.
*Araucarioxylon Keuperianum* Kr. in Schimper, *Trait. de Pal. vég.*, II, p. 324. 1870-1872.

Les collections de la Faculté des sciences de Nancy renferment un échantillon de bois silicifié provenant des marnes irisées, aux environs de Vic. Dans son état actuel, un grand éclat en ayant été détaché, il mesure 140 millimètres de hauteur maximum, 106 de largeur et 48 d'épaisseur; il ne présente aucun fragment d'écorce, mais porte une petite cicatrice raméale. Sa surface est mate, sa couleur varie du gris au brun presque noir, en passant par le rouge brun; macroscopiquement il est visible que la structure ligneuse est conservée au moins dans ses grands traits, car cette structure n'apparaît pas très belle; il n'y a pas trace de rayons médullaires et une section très nette pratiquée pour obtenir des préparations microscopiques n'en montre pas davantage. On constate, sous quelques réserves, comme on le verra plus loin, sur les préparations, que la structure est généralement bien conservée.

La coupe transversale montre des trachéides, de dimensions moyennes en général, à section isodiamétrique ou peu s'en faut, parfois un peu allongées dans le sens du rayon, de forme quadrangulaire ou hexagonale, quelquefois pentagonale, parfois très arrondies; elles sont de dimensions un peu variables, et quelquefois, rarement d'ailleurs, elles présentent une certaine régularité dans leur décroissance d'abord, puis dans leur retour à une dimension normale, telle qu'on le constate si souvent chez les Araucariées soit vivantes, soit fossiles, donnant une certaine apparence de couches annuelles. Elles sont vides ou présentent un contenu noir remplaçant peut-être de la résine; les rayons sont formés par une série unique de cellules. Sur la coupe

radiale, les ponctuations aréolées ont souvent disparu, mais parfois elles sont très bien conservées ; habituellement, peut-être toujours en une seule série, elles sont très fortement comprimées de haut en bas, petites et occupant partie ou totalité de la surface de la paroi suivant que celle-ci est plus ou moins large. Les cellules des rayons médullaires sont rectangulaires, à sculpture disparue. Sur la coupe tangentielle on ne voit pas de ponctuations sur les trachéides ; les rayons médullaires sont très nombreux, ils sont formés d'un seul plan de cellules ; cependant, surtout chez les plus hauts, on rencontre deux cellules juxtaposées ; parfois aussi une très grande cellule est partagée en trois plus petites par des cloisons parallèles et perpendiculaires à la direction des rayons ; le nombre de cellules dans un rayon varie de 2 à 45 ; les chiffres extrêmes sont les plus rares, les plus fréquents de 10 à 43, c'est-à-dire que ce sont en général des rayons hauts.

Tous les caractères qui viennent d'être énumérés se rapprochent singulièrement de ceux donnés par Gœppert pour un bois du keuper des environs de Bamberg, nommé par lui *Araucarites Keuperianus,* devenu pour Kraus *Araucarioxylon Keuperianum.* De ce bois, le paléontologiste allemand n'a malheureusement donné qu'une courte diagnose latine non accompagnée de figures ; mais on constate comme caractères communs parmi ceux qu'il a fournis, les dimensions moyennes des trachéides, les ponctuations aréolées de celles-ci, petites, en série unique dans laquelle elles sont très comprimées, les rayons médullaires formés d'un seul plan de cellules, quelquefois de deux ; ce plan était formé d'un nombre très variable de files de cellules, parmi lesquelles il y en a présentant un chiffre élevé. Il y a toutefois quelques dissemblances, mais d'importance très secondaire auprès de celle, considérable au contraire, des caractères qui viennent d'être énumérés. Ainsi Gœppert dit de son bois qu'il présente des traces d'accroissements annuels mais qu'ils sont *obsoleti,* autrement dit presque effacés ; on peut à peine constater ici une différence puisque si je n'ai pas trouvé de véritables accroissements sur le bois de Vic, j'ai constaté à un grossissement suffisant en quelques endroits ces amincissements et grossissements progressifs de trachéides qui y ressemblent beaucoup ; de plus, en quelques rares endroits aussi, des écrasements de trachéides

peuvent donner lieu aussi à quelques méprises. Une différence plus considérable consisterait en ce que, chez le bois de Vic, les ponctuations aréolées paraissent être presque exclusivement en une seule série, tandis que chez le bois décrit par Gœppert elles seraient tantôt en une, tantôt en deux séries, normalement, semble-t-il. Mais c'est ici, en particulier, que la diagnose trop succincte de Gœppert gêne la comparaison puisqu'il peut se faire que chez le bois qu'il a étudié la double série fût aussi l'exception. Je n'ai jamais trouvé non plus pour le nombre de cellules d'un rayon médullaire vu en coupe tangentielle, le maximum 50 donné par Gœppert, mais la différence est faible (5 cellules) avec le maximum que j'ai constaté et cela ne dépasse pas les différences qu'on peut observer, de ce chef, entre deux échantillons du même bois.

En définitive, comme je l'ai déjà dit, il me semble certain que le bois de Lorraine et celui des environs de Bamberg, trouvés au même horizon géologique, sont identiques.

Keuper. Alsace-Lorraine (ancienne Meurthe) : Vic (coll. de la Faculté des sciences).

59*b's*. C'est encore aux *Araucarioxylon* qu'appartient un bois du muschelkalk de Saurupt (Vosges) qui m'a été communiqué par M. Victor Riston. La structure en est trop imparfaitement conservée pour qu'il soit susceptible d'une attribution spécifique et d'une description complète. Cependant il est visible qu'il s'agit d'un bois différent des deux qui viennent d'être étudiés ; par les ponctuations aréolées fortes de ses trachéides, il se rapproche de l'*A. Keuperianum* dont il s'éloigne par ses rayons peu élevés. Il offre cette particularité de présenter en apparence des lignes concentriques, sur la section transversale ; en réalité, il y a là un écrasement assez régulier des trachéides dû à la pression que ce bois a subie avant sa minéralisation.

## *Xenoxylon* Gothan

Cramer a décrit dans Heer *Flora arctica*, I, p. 176, 1868, provenant du Spitzberg et du terrain jurassique, un bois fossile qui, à diverses reprises, a fixé l'attention des paléobotanistes par sa structure qui est des plus remarquables. C'est un bois de Coni-

fère présentant des accroissements annuels, avec un bois d'automne très peu développé, des trachéides pourvues d'une seule rangée de ponctuations et comprimées de haut en bas; les cellules des rayons, allongées dans le sens de ceux-ci, présentent une seule ponctuation, mais très grande, analogue à ce qu'on observe chez les Pins de la section *Pinaster*. Il lui avait donné le nom de *Pinites latiporosus*. Se basant sur ce fait que les ponctuations des trachéides sont comprimées comme chez les Araucariées actuelles, Kraus [1] d'abord, puis Schenk [2] ont placé ce bois remarquable dans le genre *Araucarioxylon*. Plus récemment M. Gothan [3] a fait observer que ce caractère était le seul commun à ce bois et aux Araucariées, que les autres caractères donneraient plutôt raison à Cramer qui en faisait un *Pinites*, ou même à Schröter qui en faisait un *Cedroxylon*, mais qu'en réalité ce bois représentait un type qu'on ne rencontre chez aucun Conifère, soit vivant, soit fossile, que par suite il serait préférable de créer pour lui une nouvelle coupe générique à laquelle il propose de donner le nom de *Xenoxylon*. Cette manière de voir me semble complètement justifiée. En 1882, M. Conventz a décrit un autre échantillon de bois fossile qu'il a considéré comme identique à celui de Cramer et que par suite il a nommé *Araucarioxylon latiporosum*. Cette identité ne semble pas justifiée à M. Gothan, sans que d'ailleurs il dise si, l'identité spécifique étant rejetée, il y a lieu d'admettre qu'il s'agit d'un bois du même type générique.

J'ai trouvé parmi les bois du Trias lorrain que j'ai pu étudier, un échantillon du muschelkalk de Vaubexy (département des Vosges) qui me semble appartenir à ce type générique tout en méritant d'être considéré comme une espèce différente du *Pinites latiporosus* de Cramer. Il présente, en effet, comme ce dernier, des accroissements marqués par une très faible région de bois d'automne, des trachéides à grosses ponctuations en une seule série mais nettement comprimées de haut en bas, des rayons peu élevés formés de cellules allongées dans le sens de ce rayon et présentant un seul pore elliptique très grand comme ceux qu'on observe chez l'espèce de Cramer et chez un certain nombre de

1. In Schimper. *Traité de paléontologie végétale*, 1872, II, p. 384-1870.
2. *Paléophytologie*, in Zittel, *Handbuch Pal.*, II, p. 867, fig. 422, 1887.
3. *Zur Anatomie Lebender und Fossiler Gymnospermen Hölzer*, 1905, p. 37.

nos pins actuels. L'échantillon n'étant pas en parfait état de conservation et l'altération ayant porté tout particulièrement sur les rayons on pourrait se poser, comme on l'a fait d'ailleurs pour le bois de Cramer, la question de savoir si ces grands pores ne résulteraient pas d'un mode particulier d'altération des cellules des rayons médullaires. Il ne me semble pas qu'il en soit ainsi, non seulement à cause de la parfaite régularité de ces pores, mais encore parce que ce sont précisément les portions de rayons ou les rayons les mieux conservés qui présentent le plus nettement ces pores dont on ne voit même plus de traces nettes dès que les cellules sont un peu fortement altérées.

Le bois de Vaubexy se distinguant de celui de Cramer par des caractères suffisamment importants, je le décris sous un nom spécifique distinct, celui de *X. Conchylianum* en formulant une fois de plus toutes les réserves qu'on doit faire à propos de ces soi-disant espèces. Il est bon de faire observer, d'ailleurs, que le terrain dans lequel a été trouvé le *X. Conchylianum* étant sensiblement inférieur à celui dans lequel paraît avoir été trouvé le *X. latiporosum,* il y a de grandes chances pour que les végétaux auxquels a appartenu chacun de ces bois aient été réellement différents spécifiquement, peut-être même génériquement. Pourtant la découverte du bois de Vaubexy, rapprochée de celle des échantillons décrits par Cramer et M. Conventz, me paraît offrir un réel intérêt parce qu'elle semble démontrer qu'il y a eu au début des temps secondaires, du trias moyen au jurassique inférieur compris, au moins un genre, peut-être même une famille ou une sous-famille de Conifères ayant un bois secondaire présentant un type de structure complètement distinct de tout ce qu'on a observé chez les bois fossiles du même embranchement, complètement inconnu également chez toutes les Conifères vivantes, unissant des formes de ponctuations chez les trachéides d'une part, chez les cellules des rayons médullaires de l'autre, qui jusqu'à présent n'ont été observées que sur des types d'organisation distincte.

6o. **X. conchylianum** n. sp. Pl. XXIII, fig. 4, 5.

*Lignum strata concentrica præbens ; tracheidis angustis et incrassatis, versus strati limitem paucis ; tracheidis poros uniseriales magnos, compressos præbentibus ; radiis medullaribus simplicibus e cel-*

*lulis 3-12 formatis ; his cellulis uno magno elliptico poro præditis ; ductibus resiniferis nullis.*

L'unique échantillon qui a servi à mon étude paraît être de minéralisation assez complexe ; la substance qui le constitue paraissant être avant tout de la silice, mais à laquelle s'est adjoint, notamment, une certaine quantité de peroxyde de fer. Il présente une longueur de 145 millimètres parallèlement à l'axe de l'arbre qui l'a produit ; une épaisseur également maximum dans le sens du rayon et une largeur de 44 millimètres perpendiculairement à celui-ci ; il est de couleur brune généralement claire relevée de quelques veines noirâtres dans les endroits où il n'a pas été entamé à une date plus ou moins récente ; dans ces derniers il est gris avec quelques veines ou reflets bruns ; il est d'aspect mat. L'écorce a disparu, car si en quelques endroits, sur une face, on voit quelque chose qui en a un peu l'apparence, cela est dû, cela me semble certain, à du bois plus altéré, ce que j'ai déjà constaté sur d'autres bois fossiles. Il est facile de constater que des éclats plus ou moins longs s'en sont détachés suivant la direction des rayons médullaires comme cela se voit si fréquemment sur des tiges d'Abiétinées actuelles qui ont été brisées par des causes naturelles ou artificielles, notamment par l'action du vent. On constate même à l'œil nu que la structure est conservée, il n'est même pas nécessaire de prendre beaucoup de soins pour rendre les rayons médullaires très visibles sur les fentes radiales ; on voit à peine des traces de couches concentriques, non sur les sections transversales laissées à elles-mêmes, mais encore sur la section faite pour obtenir des préparations microscopiques. Il est très facile de constater que le bois a subi des altérations avant fossilisation : ainsi, en certains endroits, non partout, il a été plus ou moins comprimé et par suite plissé ; qu'il y a eu, aussi, des destructions plus ou moins complètes des tissus : ainsi, même à l'œil nu, il est visible qu'en plusieurs points, il y a des lacunes sur le parcours d'un même rayon médullaire, que certains de ceux-ci ont disparu plus ou moins complètement ; il y a même des cavités plus ou moins grandes : quelques-unes de celles-ci, par leur régularité de forme, la netteté de leurs parois, donnent à penser qu'elles sont dues à l'action d'insectes.

On a pu obtenir de bonnes préparations microscopiques qui,

même prises dans les portions de l'échantillon qui, à la vue, paraissaient le mieux conservées, ont confirmé ce que l'examen macroscopique avait établi, les compressions et, par suite, les plissements que le bois avait subis avant fossilisation; l'altération, fort inégale d'ailleurs, subie par les tissus, pouvait aller jusqu'à la destruction complète, entraînant la formation de cavités dont quelques-unes, même assez petites, peuvent n'avoir été révélées que par le microscope.

La section transversale Pl. XXIII, fig. 4, montre d'indiscutables couches concentriques délimitées par des trachéides à cavités très faibles, à parois épaissies, terminant l'une d'elles et suivies par d'autres présentant une structure absolument inverse et notamment des cavités très larges; il y a diminution graduelle de la cavité vers l'extrémité de la couche; néanmoins les trachéides correspondant franchement au bois d'automne sont toujours en très petit nombre, quatre à cinq au plus. Ces couches concentriques sont régulières et autant qu'on en peut juger sur une préparation qui en a rencontré quatre seulement, elles sont de largeur moyenne, 5 millimètres environ.

La section montre que le bois renferme seulement des trachéides et des rayons médullaires; quelques-unes des très petites cavités dont il a été question plus haut, présentant une périphérie à peu près circulaire, pourraient être prises par un observateur inattentif pour des canaux résinifères; ce serait une pure illusion, ces lacunes, en effet, qui sont d'ailleurs loin d'avoir toujours la forme régulière que je viens de signaler, ne présentent jamais à leur périphérie les cellules sécrétrices des canaux résinifères. Les trachéides ont une section quadrangulaire, fréquemment carrée, quelquefois rectangulaire; il y a à distinguer pour cette dernière forme entre les trachéides qui la présentent dans des files rayonnantes où le grand axe est dans le sens du rayon et celles qui marquent la périphérie des couches concentriques pour lesquelles la disposition est exactement inverse. Quelquefois les sections carrées ou se rapprochant de cette forme s'arrondissent un peu. Généralement, la cavité des trachéides est vide, mais elle peut présenter aussi un contenu brun qui laisse plutôt l'impression d'un dépôt de matière minérale pendant la fossilisation que celle d'une substance organique qui se serait minéralisée. On peut bien constater ce que j'ai déjà

fait observer plus haut, c'est que les rayons médullaires sont moins bien conservés que les trachéides, que certaines de leurs cellules sont ou complètement détruites ou à tout le moins fort endommagées.

La coupe radiale confirme ce que la précédente avait montré des déplacements subis parfois par les tissus à raison de la compression qui s'est exercée sur eux; les trachéides ont conservé leurs ponctuations aréolées d'une façon très irrégulière; celles-ci bien souvent n'existent plus, mais fréquemment aussi elles sont très bien conservées: il y a tous les intermédiaires entre ces deux états. Toutes les fois qu'on constate la présence de ces ponctuations on voit que celles-ci sont en une seule rangée, très grosses, occupant toute la largeur de la trachéide; le plus souvent, elles sont comprimées, plus ou moins d'ailleurs; mais quelquefois aussi, quoique rarement, elles ont conservé leur forme régulière circulaire. Elles se distinguent de ce qu'on voit sur les figures de Cramer pour son *P. latiporosus* parce qu'elles sont, en général, sensiblement moins comprimées et en ce qu'elles occupent une plus forte portion de la paroi de la trachéide. Quant aux rayons médullaires, on constate, bien mieux encore que sur la section transversale, ce fait remarquable de leur altération très sensiblement plus forte que celle du tissu environnant; souvent ils ont complètement disparu; là où ils sont bien conservés, on constate que les cellules les composant ne sont pas très nombreuses, qu'elles présentent les grandes ponctuations ovales caractéristiques du genre, se rapprochant beaucoup de ce qu'on observe chez certaines Taxinées, chez certains pins, plus même que ce n'est le cas chez l'espèce de Cramer, parce qu'elles sont bien plus régulièrement elliptiques, tandis que chez cette dernière elles sont plus allongées et, par suite, plus aplaties dans leurs limites supérieures et inférieures.

La coupe tangentielle confirme complètement ce que les deux autres avaient montré de l'altération relative des tissus; les trachéides ne présentent pas de ponctuations aréolées, les rayons médullaires se montrent composés de 2 et même 1 à 12 files de cellules superposées, les nombres 5 et 10 étaient les plus fréquents.

En résumé, le *X. Conchylianum* diffère du *X. latiporosum* par ses trachéides à section plus régulièrement quadrangulaire, par les ponctuations aréolées des trachéides un peu moins compri-

mées occupant une moindre portion de la surface de la trachéide, d'ailleurs moins large, par les ponctuations ovales des rayons médullaires plus régulièrement elliptiques. Ce n'en sont pas moins deux bois de même type et l'espèce lorraine étant d'un niveau inférieur, il semble certain que des Conifères ayant eu un bois secondaire présentant ce type de structure aujourd'hui disparu, ont vécu depuis le Trias moyen jusque dans le Jurassique inférieur.

Muschelkalk. Vosges : Vaubexy [*Hogard*] (coll. de la Faculté des sciences de Nancy).

### *Cedroxylon* Kraus

Je prends ici ce nom générique dans le sens de Kraus, c'est-à-dire en me basant exclusivement sur la présence habituelle de couches annuelles, l'absence de canaux ou même de cellules résinifères; sur la paroi des trachéides se présentent des ponctuations aréolées non comprimées en une, deux ou trois séries; celles d'une série à l'autre dans ces derniers cas étaient opposées. M. le Dr Gothan a parfaitement raison de trouver ces caractères insuffisants et de considérer le genre ainsi défini comme par trop artificiel; mais, comme on le verra plus loin, l'état de conservation de ce bois ne permet pas de tirer parti des caractères fournis par les rayons médullaires, sur lesquels l'auteur que je viens de citer a si justement appelé l'attention. D'un autre côté, le bois dont je vais faire la description est fort intéressant à beaucoup d'égards; il m'a semblé, par suite, qu'il y avait intérêt à le décrire très complètement et à lui donner un nom, ce qui conduisait forcément à l'attribuer à un genre, celui-ci fût-il trop compréhensif ou un peu moins bien défini que ne le comporterait l'étude faite sur un échantillon parfait. Avec les réserves que je viens de formuler, cette manière de faire ne présente pas d'inconvénient sérieux et on obtient l'avantage de pouvoir parler sous une formule précise d'un fossile digne de fixer l'attention.

L'espèce est nouvelle, je l'établirai après l'avoir décrite, je lui donne le nom du géologue qui a trouvé l'échantillon et dont j'ai déjà eu occasion de parler à diverses reprises, à raison des services qu'il a rendus pour la connaissance du Trias lorrain et tout particulièrement du muschelkalk des environs de Lunéville.

61. **C. Lebruni** n. sp. Pl. XXIII, fig. 6, 7, Pl. XXIV, fig. 1, 2, 3.

*Lignum strata concentrica præbens ; tracheidæ sat magnæ haud incrassatæ præter aliquot limitem strati versus ; tracheidum pori minuti uni, bi, raro triseriales, quando bi-aut tri seriales oppositi haud compressi irregulariter dispositi ; radii medullares simplices e 1-7 cellularum stratis formati, sectione cellularum subrotunda.*

L'échantillon qui a servi à étudier cette espèce appartient à la Faculté des sciences de Nancy à qui il a été donné par Lebrun ; il porte le n° 3235 et provient de Clézentaine, commune de Meurthe-et-Moselle située sur le muschelkalk. D'après une étiquette commune à d'autres échantillons de la même localité, il ne paraît pas, toutefois, avoir été trouvé dans la roche en place. Il est de forme irrégulière, grossièrement cubique et il mesurait, avant qu'on eût pratiqué sur lui des sections destinées à en obtenir des coupes microscopiques, 154 millimètres de longueur maximum, 62 d'épaisseur et 73 de largeur. Il est essentiellement silicifié, mais est évidemment coloré par des oxydes métalliques et surtout par du peroxyde de fer. Sur l'échantillon brut, la coloration est à peu près uniforme, d'un brun clair ; sur une section transversale polie, la coloration est un peu différente, elle est d'un brun rougeâtre plus ou moins foncé, arrivant quelquefois presque au noir avec des bandes rayonnantes, étroites, beaucoup plus claires, correspondant à un détail de structure dont il sera question plus loin ; la surface est légèrement cireuse ; sur deux côtés de l'échantillon correspondant à peu près à des sections, l'une radiale et l'autre tangentielle, elle est à peu près plane ; sur le troisième côté, elle est irrégulièrement et peu profondément sillonnée longitudinalement. L'échantillon est visiblement à structure conservée sans que celle-ci se montre aussi nettement à l'œil nu et même à la loupe, que pour d'autres bois minéralisés, même de ceux dont il va être question dans ce travail ; il est bien certain, à un simple examen macroscopique, que l'écorce fait totalement défaut comme cela se présente si souvent pour les échantillons de bois fossiles.

A l'examen macroscopique également, on voit sur une section transversale polie des traces très nettes de couches annuelles. Enfin, toujours à ce même examen on constate sur la face qui correspond sensiblement à une section tangentielle, de nom-

breuses dépressions disposées sans ordre, circulaires ou un peu elliptiques, de dimensions un peu variables, 4 à 7 millimètres, au fond desquelles on voit une surface circulaire de 2 à 6 millimètres, section visible d'un corps cylindrique ou quasi cylindrique faisant quelquefois une saillie plus ou moins prononcée; quelquefois même il n'y a pas de dépression, le corps cylindrique affleure exactement à la surface ou fait même saillie au-dessus d'elle; la distance est très variable entre ces corps, ils peuvent arriver presque à se toucher, plus souvent ils sont plus ou moins éloignés, jusqu'à 2 centimètres de centre en centre sur la verticale, à 1 centimètre sur l'horizontale. On les voit très bien sur la figure 2, planche XXIV et en *a, a', a''*, on se rend particulièrement bien compte de l'aspect qu'ils présentent. Sur la section à peu près radiale on voit leur correspondant, soit lorsque le cylindre central a disparu, ce qui se présente très fréquemment, des dépressions plus ou moins marquées, parfois très bien, soit le corps cylindrique lui-même; dépressions et corps cylindriques suivent d'ailleurs exactement la direction des rayons médullaires vers l'extérieur. A la surface de l'échantillon, ces corps se montrent tels qu'on les voit sur la section tangentielle, mais d'une façon moins nette, à raison des irrégularités de la surface; cependant, on les voit parfois bien nettement ainsi en *a, a'*, sur la figure 1, planche XXIV.

A ces corps cylindriques correspondent sur la section transversale polie les bandes plus claires (*b, b'*, Pl. XXIV, fig. 3) dont il a été question plus haut, bandes qui ne se montrent jamais complètes, c'est-à-dire de l'extérieur à l'intérieur, mais cela tient à ce que la section transversale, bien qu'à peu de chose près normale, a toujours coupé ces corps cylindriques un peu obliquement, à cause de leur direction qui n'est pas toujours parfaitement horizontale.

Dans l'examen microscopique auquel je vais procéder, je commencerai par étudier le bois, abstraction faite des corps rayonnants dont je viens de parler, je les étudierai ensuite et terminerai par quelques considérations générales.

La coupe transversale est bonne, elle présente seulement des trachéides et des rayons médullaires, elle montre très nettement les couches annuelles qu'il avait déjà été possible de constater macroscopiquement; elles sont larges, la préparation en montre une seule dans toute sa largeur qui est d'environ 1 centimètre,

cette largeur variant un peu à raison des irrégularités de la couche limite de bois d'automne. Sur la section transversale vue macroscopiquement on constate que cette dernière n'a rien d'exceptionnel, et, autant qu'on peut s'en rendre compte, que l'épaisseur n'est jamais inférieure à 7-8 millimètres. Revenant à la préparation microscopique, on constate que la quantité de bois d'automne bien caractérisé est toujours faible et peut se réduire à deux ou trois rangs de trachéides; en un endroit ce bois d'automne se divise en deux parties séparées par des trachéides semblables à celles du bois de printemps. Sauf les éléments d'automne rectangulaires plus aplatis, l'ensemble des trachéides est généralement à section large, à parois peu épaisses, la section est de forme assez variable, de quadrangulaire à hexagonale, souvent plus ou moins arrondie; les dimensions sont variables dans d'assez fortes proportions, ce qui donne une certaine irrégularité à leur disposition, suivant le rayon, même dans les endroits, les plus nombreux d'ailleurs, où cette disposition n'a subi aucun trouble par suite de compression; la cavité de ces trachéides est vide. Les rayons médullaires sont formés par un seul plan de cellules rectangulaires, lesquelles sont souvent remplies d'une matière brune. La coupe tangentielle est très bonne : elle confirme ce qu'avait montré la coupe transversale, elle montre en outre que les trachéides ne présentent pas, en général, de ponctuations aréolées, qu'on en voit cependant parfois de très nettes. Les rayons sont peu élevés, formés de cellules une demie à deux fois plus hautes que larges. Ces cellules sont, en outre, renflées dans leur milieu, en sorte que la section de celles des extrémités est en ogive arabe et celle des intermédiaires en forme de tonnelet. Elles sont au nombre de 1 à 7, les nombres 3-5 étant les plus fréquents, les parois en contact sont quelquefois détruites. On voit aussi très bien la matière brune ou noire contenue fréquemment dans les cellules des rayons médullaires. La coupe radiale est bonne également; toutefois, à raison de la faible coloration des parois, on a dû en faire pratiquer une un peu moins mince. Les ponctuations aréolées ne se voient pas le plus souvent, cependant on trouve des endroits où elles sont très bien conservées, elles sont petites, se trouvant sur une, deux, rarement trois rangées; dans ce dernier cas elles sont opposées d'un rayon à l'autre, elles sont assez irrégulièrement distribuées, parfois pas en lignes droites; si elles

peuvent être très rapprochées quelquefois, elles ne paraissent jamais être normalement comprimées. Les cellules des rayons médullaires sont rectangulaires, les parois en contact ont souvent disparu, elles peuvent être obliques; les parois, d'une façon générale, sont assez mal conservées, on ne voit rien, le plus souvent, de leurs ponctuations; quelquefois, cependant, il semble qu'on en observe qui seraient petites, arrondies, mais c'est assez peu net. Beaucoup de cellules sont remplies de la matière noire ou brune dont il a déjà été question; quelquefois, la coloration disparaît et on voit des granulations très petites, irrégulières de forme et, dans une certaine mesure, de dimensions.

Si on résume les caractères du bois, on voit qu'il présente des couches concentriques bien nettes, qu'il est exclusivement formé de trachéides et de rayons médullaires, que les trachéides présentent sur leur face radiale des ponctuations aréolées petites n'occupant pas toute la surface de la paroi, disposées sur une, deux, ou rarement trois rangées assez irrégulières, que parfois, dans le cas où il y a plus d'une rangée, elles sont opposées et non alternes de l'une à l'autre, que dans une même rangée elles sont le plus souvent très rapprochées mais sans être normalement comprimées, que malheureusement les parois des cellules des rayons sont dans un état qui ne permet pas de se rendre bien compte de leur structure. Tous ces caractères sont ceux du type *Cedroxylon*, dans les conditions que j'ai indiquées plus haut en donnant les généralités du genre. La présence de celui-ci dans le muschelkalk est fort intéressante. M. Gothan[1], en faisant ressortir l'importance du mode de disposition des ponctuations aréolées qu'on observe chez lui, fait remarquer qu'on ne l'a pas observé souvent en-dessous des terrains jurassiques, que cependant il est possible qu'on l'observe dans le Trias où ces bois sont peu abondants. L'échantillon de Clézentaine donne raison à ses prévisions, sous la petite réserve qu'il n'a pas été trouvé dans la roche en place, mais il y a les meilleures raisons d'admettre qu'il en provient.

Les *Cedroxylon* ont été signalés dans les terrains primaires, mais certainement par erreur; le plus ancien en date des bois lui appartenant soi-disant est celui qui a été décrit et figuré par

1. « Ueber die Wandlungen bei den Gymnospermen im Laufe der geologischen Epochen und ihre physiologische Bedeutung » (*Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforsch. Freunde*, n° 2, 1907, p. 17).

Lindley et Hutton (1) sous le nom de *Peuce Withami,* changé par Gœppert en celui de *Pinites Withami* et par Kraus en celui de *Cedroxylon Withami;* mais comme le fait observer Gœppert (2), la position des ponctuations aréolées rappelle bien plus ce qu'on voit chez les *Araucaria* que chez ses *Pinites,* autrement dit chez les Abiétinées. L'examen de la figure donnée par les auteurs anglais lui donne parfaitement raison, malgré l'assertion de ceux-ci que les trachéides de leur bois rappellent ce qu'on observe chez le *Pinus Strobus.*

Le second bois attribué aux terrains primaires est celui que B. Renault et Roche ont trouvé dans le Permien des environs d'Autun, et que le premier a décrit sous le nom de *Cedroxylon Varollense* (3), mais il est visible, d'après son texte et ses figures, qu'il y a eu erreur de sa part : l'absence de couches concentriques, la présence d'une moelle volumineuse, les ponctuations aréolées alternant quand elles sont sur deux rangs, ce qui est rare, il est vrai, souvent comprimées, rappellent bien plutôt le type *Araucarioxylon* (4).

Quelques caractères du bois de Clézentaine, la largeur de la section des trachéides, leur paroi relativement mince, paraissant avoir été de consistance assez peu solide, donnent à penser au premier abord qu'il s'agit d'un bois de racine, mais la structure des corps rayonnants qui le traversent et dont il me reste à parler montre que ceux-ci constituent des rameaux à croissance réduite, tels que ceux qui forment ce qu'on appelle des broussins chez les végétaux ligneux, que, par conséquent, l'axe qui les porte est bien une tige. Ces petits rameaux ont été rencontrés par les trois ordres de préparations microscopiques; toutefois, sur les deux

---

1. *Fossil Flore.* I. 1830-1833, pl. 24, p. 73.

2. *Monographie der fossilen Coniferen,* p. 212.

3. *Bassin houiller et Permien d'Autun et d'Épinal. Flore fossile,* 2e partie, p. 368.

4. La collection Roche, aujourd'hui au Muséum, renferme l'échantillon type et les préparations qui ont servi à la description de Renault. L'étude de ces documents a justifié complètement les observations que je viens de faire d'après le texte et les figures de l'auteur, celles-ci étant, d'ailleurs, plus ou moins schématisées, ce qui a été en partie rendu nécessaire par l'état des préparations qui ne sont pas très bonnes. Il s'agit, bien certainement, d'un bois du type *Araucarioxylon;* ce qui a dû induire Renault en erreur, c'est le fait que les ponctuations sont à peu près exclusivement en une seule série sur la paroi des trachéides, cela s'observe assez fréquemment chez les Araucariées vivantes, et il est d'autant plus naturel qu'il en soit ainsi chez l'échantillon de Varolle que celui-ci provient d'un axe très petit à croissance lente, probablement un rameau, suivant l'observation de Renault. Une préparation provenant d'un échantillon plus volumineux étiqueté *Cedroxylon* Autun, dénote, en même temps qu'une conservation très médiocre des tissus, un *Araucarioxylon* par ses ponctuations en séries franchement alternées.

sections radiales les rencontres ont été très rares, faibles, et il n'y a à peu près rien à en tirer pour l'étude de ces organes ; c'est sur la section tangentielle qu'ils ont été le plus souvent rencontrés et qu'ils ont fourni les sections les plus belles ; le tout est très naturel et on n'a qu'à se reporter à la fig. 2, pl. XXIV, représentant l'échantillon, vu macroscopiquement sur cette face, pour s'en rendre compte. Si l'on étudie au microscope cette section tangentielle on voit que non seulement ces organes sont à des états de conservation inégaux, mais que de même que chez les Conifères vivantes (*Callitris, Cedrus,* par exemple) ils sont irrégulièrement distribués, d'inégales dimensions en diamètre et aussi de développement inégal quant aux éléments anatomiques. La moelle, plus ou moins développée, comme on peut le voir en *a* et *a'*, ce dernier cas étant d'ailleurs de beaucoup le plus rare, est formée de cellules qui, sur la section tangentielle (transversale du petit rameau), sont de dimensions et de forme très variables, parfois presque rondes ; sur la section transversale (longitudinale du ramuscule), on voit que ces cellules sont un peu étirées dans le sens radial, de manière à atteindre environ le double de la largeur de la cellule, autant qu'on peut s'en rendre compte, l'observation étant difficile sur ces coupes peu nombreuses, de conservation en partie imparfaite, sur lesquelles les trachéides recouvrent, le plus souvent, ce tissu ; en tout cas, ce qu'on voit sur le fossile est complètement semblable à ce qu'on voit sur le vivant. Il en est de même pour le bois ; celui-ci, tantôt forme un cercle assez régulier autour de la moelle, tantôt est bien développé d'un côté, beaucoup moins bien ou à peine de l'autre, les trachéides sont très étroites, augmentant toutefois un peu de diamètre du centre à la circonférence ; comme chez le vivant aussi, elles paraissent avoir contenu souvent de la résine. Cependant on voit parfois très nettement les trachées et les trachéides rayées qui se trouvent au voisinage de la moelle, enfin des trachéides ponctuées aréolées. Le bois de tige a ses éléments plus ou moins déformés au voisinage de ces ramules ; entre eux il y a un parenchyme plus ou moins abondant à cellules assez grandes, ou même grandes par rapport aux autres éléments ; elles paraissent, comme celles de la moelle, être étirées dans le sens radial. Il n'y a point de fibres libériennes, l'état de conservation ne permet pas de se prononcer quant aux éléments criblés du liber.

Les broussins, qui se rencontrent aussi bien chez les Conifères que chez les Angiospermes dans la nature actuelle, n'ont point, à ma connaissance, été signalés chez les bois fossiles. Le seul échantillon figuré qui présente quelque analogie avec le précédent est celui qui est représenté figure 2, planche LII de la monographie de Gœppert qui est donné dans l'explication des planches comme un fragment de tige de *Cupressoxylon opacum* Gœp. de Silésie, sur lequel deux cicatrices de ramules sont représentées; il y en a deux autres, mais une de ces cicatrices, beaucoup plus grande, paraît être celle d'un ramule bien développé et l'ensemble sur lequel l'auteur n'insiste pas ne ressemble que de loin à ce qu'on observe sur le bois de Clézentaine.

Celui-ci, au contraire, présente la ressemblance la plus complète avec les bois de Conifères actuels chez lesquels on observe des broussins. Le plus connu sous ce rapport est celui du *Callitris quadrivalvis* en Algérie, mais on en observe aussi chez d'autres espèces, ainsi le *Cedrus atlantica* dont un fort beau broussin existe dans les collections de l'École forestière. Chez le bois actuel comme chez le fossile, les diamètres des petits rameaux constituant le broussin sont un peu variables, toujours très réduits cependant, ne dépassant pas 1 à 2 millimètres au plus; la distribution aussi est irrégulière : tantôt ils sont isolés, ce qui est assez rare, tantôt ils sont rapprochés et alors les groupes sont à distances inégales les uns des autres ou des rameaux isolés.

Dans la nature actuelle les broussins proviennent surtout des dommages que l'arbre a subis soit de la part de l'homme, soit de celle des animaux domestiques. C'est ce qui fait que ces productions, en ce qui concerne les Conifères, sont communes en Algérie, étant données les habitudes de la population indigène essentiellement pastorale. Ces conditions favorables à la production des broussins, mais non indispensables, n'existaient pas avant l'apparition sur la terre de l'homme et même des mammifères herbivores; c'est sans doute pour cela que ces productions sont si rares chez les Conifères fossiles.

Le fait, pour le bois de Clézentaine, d'en présenter, le fait aussi qu'il présente une structure de *Cedroxylon* dans le Trias moyen, en font un fossile particulièrement intéressant.

Trias moyen. Clézentaine (Meurthe-et-Moselle) (*Lebrun*) [coll. de la Faculté des sciences de Nancy] [échantillon unique].

## ESPÈCES INCERTÆ SEDIS

### *ORGANES FOLIAIRES*

### *Clathrophyllum* Heer.

*Folia coriacea linealia ; nervi paralleli numerosissimi subtilissimi, hinc inde anostomosantes, interstitia transversim subtilissime striolata.*

Sous le nom générique de *Clathrophyllum,* Heer a décrit et figuré d'abord dans le *Urwelt der Schweiz,* puis dans le *Flora fossilis Helvetiæ,* des empreintes de feuilles de la Lettenkohle et les considérait comme provenant d'une fougère qu'il regardait comme très voisine des *Chiropteris* K., genre fossile du keuper de Franconie. Il est singulier qu'un paléontologiste d'aussi grande valeur ait tenté ce rapprochement, car la nervation, sauf qu'elle est très fine de part et d'autre, ne présente réellement aucune analogie, le *Chiropteris* ayant une nervation nettement réticulée, tandis que le *Clathrophyllum* en a une franchement parallèle, les anastomoses entre nervures longitudinales y étant très rares, même d'après le texte et les figures de Heer et n'étant peut-être que des apparences dues à l'état de conservation. C'est évidemment sous l'empire de ce rapprochement avec les *Chiropteris* qu'il a admis la forme digitée pour son *Clathrophyllum ;* rien qu'à l'examen de la figure 7, planche XXV de la *Flora fossilis Helvetiæ,* on voit qu'il s'agit sur l'échantillon de fragments de feuilles largement linéaires rapprochées accidentellement par l'extrémité inférieure de la plupart d'entre eux de manière à figurer, mais très grossièrement, les lobes d'une feuille digitée.

Mais s'il est facile de voir que les *Clathrophyllum* ne sont pas des Fougères, il l'est beaucoup moins de dire ce qu'ils étaient en réalité. Il me semble très probable que M. Zeiller [1] a vu leurs véritables affinités en proposant, sous réserve, de les rapprocher des Cordaïtées. L'examen des échantillons ne contredit pas, il s'en faut, l'hypothèse proposée par M. Zeiller pour expliquer les soi-disant nervilles transversales des *Clathrophyllum,* à savoir

1. *Éléments de paléobotanique,* p. 287.

qu'il y avait là une simple apparence due à des lacunes dans le parenchyme de la feuille telles qu'on en a observé chez les feuilles des Cordaïtées.

Bien que l'attribution à cette dernière classe du fossile qui nous occupe me semble à peu près certaine, je préfère les maintenir dans les *incertæ sedis* tant qu'on n'en aura pas de meilleurs, surtout de plus complets échantillons. J'en ai eu sous les yeux un assez grand nombre provenant de la Lettenkohle des environs de Lunéville, mais toujours très fragmentaires ainsi qu'il arrive trop souvent pour les restes végétaux qui y sont contenus. J'en ai eu également deux fragments un peu plus grands qui m'ont été communiqués par M. Grand'Eury et qui provenaient d'un niveau supérieur dans le keuper à Norroy dans les Vosges. Tous ces fragments ne m'ont pas fourni plus de renseignements sur la nature réelle et la forme des *Clathrophyllum* que les échantillons suisses étudiés par Heer.

On peut se demander si, en présence de la fausse conception que le célèbre naturaliste suisse s'était faite de leur forme et de la classe à laquelle ils appartiennent, il y a lieu de conserver à ce genre le nom qu'il lui a imposé. Malgré la valeur des raisons à l'appui du changement, il m'a paru préférable de conserver le nom de *Clathrophyllum,* alors surtout qu'il s'agit d'un fossile dont la véritable attribution prête encore au doute et qu'il y aura très probablement lieu, quand il sera mieux connu, de faire rentrer dans un des groupes de la classe des Cordaïtées. Seulement j'ai modifié la diagnose donnée par Heer de manière à la mettre en harmonie avec les rectifications que j'ai faites plus haut relativement à la forme réelle de la feuille.

Entendus comme ils doivent l'être après ces rectifications, les *Clathrophyllum* ne sont pas isolés dans le monde végétal des terrains secondaires. Comme l'a fait observer M. Zeiller dans l'ouvrage cité plus haut, il faut mettre à côté d'eux ces feuilles, décrites sous le nom de *Poacites,* qu'on a attribuées, sans motifs suffisants, aux Monocotylédones; il y a plus d'analogie encore avec des lambeaux de feuilles trouvés dans le néo-jurassique du Portugal, rapportés par de Saporta, sous le nom de *Rhizocaulon vetus,* à son genre *Rhizocaulon* trouvé dans le crétacé de Provence et surtout dans les terrains tertiaires. Que les *Rhizocaulon* soient des Monocotylédones, cela est certain, mais que les très petits

fragments d'empreintes de feuilles du néo-jurassique de Portugal doivent leur être rapportés, cela est beaucoup plus douteux et il me semble même impossible de l'affirmer sur des restes aussi incomplets. Que la ressemblance soit, au contraire, très grande avec les *Clathrophyllum*, il suffit de lire le texte de de Saporta et de se reporter à ses figures (1) pour constater l'extrême ressemblance de ces feuilles avec celles des *Clathrophyllum*, même en ce qui concerne l'unique espèce jusqu'ici connue du genre suisse : à peu près de même largeur et même nombre de nervures, une trentaine. Je ne veux pas dire, bien entendu, que la même espèce ait vécu du Trias au Jurassique supérieur, mais seulement que ce type de feuille et de nervation a persisté pendant tout ce laps de temps correspondant sans doute à un genre dont les espèces ont pu se distinguer par des organes de fructification plus différents les uns des autres que ce n'était le cas pour les feuilles. Les mêmes feuilles auraient persisté jusqu'à la base du crétacé, car de Saporta signale son *Rhizocaulon vetus* toujours d'après de très petits et rares fragments de feuilles dans le Valanginien du Portugal (2) ; à côté d'elle, il en a signalé une autre, *R. elongatum*, plus étroite, mais la ressemblance est moindre à raison de l'écartement plus grand des nervures ; il est vrai que celui-ci peut tenir à une imperfection du dessin.

Par suite de leur état de conservation, certaines empreintes de *Clathrophyllum* sont très sensiblement chagrinées. Il est bon de le faire observer parce qu'alors leur surface n'est pas sans ressembler à celle des racines de grands *Equisetum* telle qu'elle a été décrite plus haut : des erreurs de détermination seraient possibles si on avait affaire à de trop petits fragments.

Il n'y a, jusqu'à présent, qu'une espèce connue dans le genre, celle décrite par Heer ; les échantillons lorrains paraissent ne s'en distinguer en rien, c'est donc d'elle qu'il va être question maintenant.

62. **Clathrophyllum Meriani** Heer. Pl. XXV, fig. 1, 2.

*Clathrophyllum Meriani* Heer., *Urw. d. Schw.*, p. 54, pl. II, fig. 10 *b*. 1865.
*Cl. Meriani* Heer., *Flora foss. Helv.*, p. 73, fig. XXV, 7.

1. Saporta. *Flore fossile du Portugal*, 1894, p. 5, pl. X, fig. 22.
1. *Op. cit.*, p. 94, pl. XV, fig. 4 et 7 *a*.

*Foliis 9-13mm latis.*

J'ai fait disparaître de la diagnose de Heer ce qui avait trait à la forme soi-disant palmatipartite de la feuille. J'ai corrigé aussi les dimensions en largeur en me basant sur le texte, sur les figures de l'auteur et aussi sur mes observations personnelles. Cette diagnose se réduit, comme on le voit, à peu de chose ; la dimension en longueur nous est inconnue. Mes échantillons étaient, sous ce rapport, encore plus imparfaits que ceux de Heer ; d'après ceux-ci on peut voir cependant qu'elle était à tout le moins assez forte, puisqu'elle mesure certainement plus de 84 millimètres, aucun de ceux figurés, et ce sont les meilleurs, ne présente d'indices d'extrémité soit inférieure, soit supérieure.

Les feuilles de l'espèce n'étaient peut-être pas aussi coriaces que l'admet Heer, à en juger au moins par l'état de fragmentation dans lequel elles nous ont été conservées.

Bien que les échantillons à ma disposition ne permettent pas, on vient de le voir, d'ajouter à ce que dit Heer de l'espèce, j'ai cru utile de donner une figure photographiée en grandeur naturelle de l'un d'eux, et une grossie du même parce que, je l'ai dit plus haut, les figures de Heer, surtout celle en grandeur naturelle, laissaient à désirer et ne permettaient pas de se rendre un compte exact de la nervation. J'ai eu des échantillons de 2 à 3 centimètres de longueur, plus grands par conséquent que celui que j'ai fait figurer ; si j'ai choisi ce dernier, c'est qu'il présentait la nervation la mieux conservée.

Si nous ne savons pas exactement ce que sont ces feuilles taxinomiquement, nous pouvons constater qu'elles sont assez communes dans la Lettenkohle et le keuper ; l'exemple cité plus haut du soi-disant *Rhizocaulon* du néo-jurassique montre d'ailleurs que leur forme et leur type de nervation peuvent se rencontrer dans des couches supérieures, sans y être, semble-t-il, aussi fréquentes.

Lettenkohle. Meurthe-et-Moselle : Chauffontaine (*Lebrun*) [coll. de l'École sup. des mines et de la Faculté des sciences de Nancy]; gare de Blainville (*Bleicher*) [coll. de la Faculté des Sciences de Nancy].

Keuper, Norroy (Vosges) (*Grand'Eury*) ; Parey-sous-Montfort [1] (*Sépulchre*) ; Suriauville (*Zeiller*) [École sup. des mines]. A. C.

---

1. Un peu d'incertitude à cause du mauvais état de l'échantillon.

## *ORGANES AXILES*

### *Agnotocaulon* n. gen.

*Caulis hodie sectione elliptica, verisimiliter cylindrica quando viva erat ; cortice squamis valde irregularibus, valde intricatis formato.*

L'échantillon unique sur lequel a été établie cette diagnose a été trouvé par M. Nicklès dans les carrières de Merviller-Vacqueville (Meurthe-et-Moselle), qui ont fourni tant de documents intéressants pour l'étude de la flore du grès bigarré. Il s'agit évidemment d'un fragment important d'un organe axile, et la portion mise à nu est non moins certainement la surface de l'écorce. Cet axe présente aujourd'hui une section elliptique, comme on peut le voir Pl. XXV, fig. 4, laquelle représente une section existant naturellement dans le fossile au moment où il a été recueilli, mais il est visible, quand on examine les côtés, qu'il a subi une très forte compression durant la fossilisation. Malheureusement, comme il arrive d'habitude pour les fossiles végétaux du grès bigarré, il n'y a pas de structure conservée ; la surface est couverte d'une mince couche brune de peroxyde de fer qui s'est plus ou moins déposée sur les différents organes qui le constituent, revêtant un moulage en grès.

Il est facile de constater que la plus grande partie de la surface est recouverte par des écailles très irrégulières dans leur forme et leur épaisseur, mais aussi qu'en des points assez nombreux il y a des cicatrices plus ou moins régulièrement rondes, laissées par des rameaux, des racines ou des pétioles, plus probablement par ces derniers, à en juger par la forme et les dimensions, quelquefois aussi par leur disposition ; tantôt ces cicatrices sont encore revêtues de leur couche de peroxyde de fer, ainsi en *a*, *a'*, fig. 3, pl. XXV, comme le reste du fossile, tantôt il y a eu une forte friction qui a mis à nu le grès, ainsi en *b*, *b'*, et on voit très bien alors que les écailles subéreuses se sont cantonnées autour de l'organe qui venait d'une région inférieure de l'axe ; on peut d'ailleurs suivre la trace d'un de ces organes perpendiculaires à la surface sur la section transversale en *a*, fig. 4, pl. XXV ; elle se perd d'ailleurs dans le grès sans qu'on puisse arriver à son origine.

La section transversale dont je viens de parler de nouveau semble montrer d'une part la section de l'écorce, en AB, et de l'autre celle du moule du cylindre central, en CD. Ce qu'on peut voir de la face inférieure, par rapport à l'échantillon couché, sur laquelle l'écorce paraît enlevée, viendrait à l'appui de cette manière de voir en même temps que la séparation très nette des deux zones; mais si cette distinction ne laisse rien à désirer du côté gauche, vis-à-vis le spectateur, il n'en est plus de même du côté droit : je dois dire que cela peut tenir à ce que le moule s'est mal constitué de ce côté, ce qui peut se présenter pour de semblables fossiles partout, mais notamment dans le grès bigarré. A la partie supérieure du fossile on ne voit plus rien de ce cylindre central; il n'y a plus, semble-t-il, que de l'écorce; dans tous les cas il serait réduit à fort peu de chose.

Quelle était la nature de la plante qui a fourni cet organe axile? Il est assez difficile de le dire; il semble certain qu'il ne se rattache pas aux Conifères; non seulement ce type d'écailles subéreuses ne se montre pas chez eux (tout au plus pourrait-on en rapprocher celui qu'on observe chez certaines Cupressinées); mais on ne voit rien chez elles de semblable à ces cicatrices dont j'ai donné la description plus haut; les Cycadées ne présentent non plus rien de semblable, non plus que les Cordaïtées; restent donc les Acotylédones vasculaires, parmi lesquelles il faut exclure immédiatement les Equisétacées, et sans doute aussi les Lycopodinées, qui, d'après ce que nous savons d'elles jusqu'à présent, ne présentent rien de semblable ou même d'analogue, ni dans leurs organes aériens ni dans leurs rhizômes. Resteraient donc les Fougères; les tiges des espèces arborescentes de cette classe sont aussi fort différentes de notre fossile, mais des rhizômes pourraient, à la rigueur, donner quelque chose de semblable; seulement, indépendamment d'autres raisons, le fait qu'on ne voit pas sur l'échantillon de traces certaines de racines militerait contre cette attribution. En définitive, le mieux me semble être de se tenir, quant à présent, sur la réserve et de placer ce curieux fossile parmi les *incertæ sedis*, et, comme il n'a pas encore été signalé à ma connaissance, de lui donner un nom générique spécial, que j'ai formé de manière à indiquer notre ignorance quant à sa nature réelle : *Agnotocaulon*, du grec, αγνῶτος, inconnu, καυλον, tige. Quant au nom spécifique,

je l'ai tiré du lieu d'origine de l'échantillon, unique jusqu'à ce jour, qui le représente.

63. **Agnotocaulon mervillense** n. sp. Pl. XXV, fig. 3, 4.

*Trunco hodie valde compresso 30$^{cm}$ lato; cicatricibus rotundatis 6-7$^{mm}$ latis; cortice 6$^{mm}$ crasso.*

L'espèce étant unique dans le genre et l'échantillon sur lequel elle a été établie étant unique également, il y a peu de chose à ajouter à ce qui a été dit à propos du genre, si ce n'est les mesures numériques qui peuvent lui être spéciales, et par suite être caractéristiques; l'épaisseur de l'écorce est donnée avec doute à cause de l'incertitude que j'ai signalée plus haut sur ce qui me semble le cylindre central.

Grès bigarré. Meurthe-et-Moselle : Merviller-Vacqueville (*Nicklès*) [coll. de la Faculté des sciences de Nancy]; un seul échantillon.

### *Rhabdotocaulon* n. gen.

*Caule elongato sat crasso, costato-sulcato, costas longitudinales paralleles, sat regulares, læves, aliquando leviter et irregulariter striatulas præbenti; foliorum cicatricibus nullis.*

M. R. Zeiller a trouvé sur les haldes d'une mine de lignites du keuper, à Suriauville (Vosges), plusieurs fragments plus ou moins grands d'un organe axile fortement comprimé, caractérisé par des côtes parallèles, larges de 4 à 5 millimètres, contiguës ou presque contiguës. Aucun ne présentant ni la longueur, ni même la largeur complète de l'organe, il est impossible de se rendre compte de ses dimensions; tout ce qu'on peut dire c'est que le diamètre (bien entendu dans l'état d'écrasement actuel) dépassait 9 centimètres et la longueur 21 centimètres, dimensions les plus fortes, dans les deux sens, qu'on ait mesurées sur les échantillons; la roche étant une marne très fine, les empreintes le sont également; de plus, le plus souvent, elles sont recouvertes de charbon provenant évidemment de la plante qui l'a fourni. Ce reste de matière organique qui n'atteint même pas un demi-millimètre d'épaisseur, le plus souvent, peut en avoir une de 2 à 3 millimètres; il présente alors l'aspect du jayet.

Ces organes caulinaires présentent la plus complète analogie d'aspect avec des fossiles déjà figurés dans plusieurs travaux de

paléophytologie et généralement considérés comme des moules internes d'Equisétacées, surtout de *Schizoneura*, le premier décrit et figuré ayant été rapporté par Schimper au *Calamites Meriani*, aujourd'hui *Schizoneura Meriani*. Tels sont les échantillons représentés dans les ouvrages suivants : SCHENK, *Beiträge zur Flora des Keupers und der rhætischen Formation*, pl. VIII, fig. 1 *a* et 1 *b*, sous le nom de *Calamites Meriani;* SCHIMPER, *Traité de Paléontologie végétale*, pl. XVI, fig. 3 et 4, *Schizoneura Meriani;* SCHENLEIN et SCHENK, *Abbildungen von fossilen Pflanzen aus dem Keuper Frankens*, pl. V, fig. III *a*, *Calamites Meriani;* SCHENK, *Die fossile Flora der Grenzschichten*, pl. VI, fig. 1, *Calamites hœrensis;* SCHENK, *Bemerkungen über einige Pflanzen aus den triasischen und liasischen Bildungen der Umgebung des Comersees*, fig. 7 et 10; *Schizoneura Meriani;* NATHORST, *Floran vid Höganas och Helsingborg*, pl. VII, fig. 2, *Equisetum Münsteri*.

C'est encore quelque chose de semblable que D. Brauns[1] paraît avoir décrit dans son mémoire, *Der Sandstein bei Seinstedt unweit Fallstein und die in ihm vorkommenden*, etc., et représenté planche XV, figure 1 *a*, *b*, *c* et figure 2, non plus comme des noyaux d'Equisétacées, mais comme des empreintes de feuilles de Graminées sous le nom d'*Arundinites*. Tous ces fossiles appartiennent au keuper et au Rhétien. Morière, dans sa *Note sur les Equisétacées du grès liasique de Sainte-Honorine-le-Guillaume*, a décrit et figuré, en leur donnant le nom de *Schizoneura Meriani*, des fossiles que leur aspect cannelé a fait appeler vulgairement dans le pays des « paquets de crayons ». Ce sont des objets qui ont quelque ressemblance avec les précédents, comme on peut le constater planche XXVI, figure 2. Les laissant de côté pour le moment et revenant à l'ensemble des fossiles dont je viens de rappeler l'existence dans le keuper et le Rhétien, j'ajoute qu'indépendamment des fossiles de Suriauville, j'ai pu en étudier d'autres qui présentent la plus complète analogie avec eux : un échantillon du grès bigarré dont j'ai déjà parlé à la page 131 et qui est représenté planche XIII, figure 1, et deux échantillons du Rhétien d'Espagne, qui m'ont été communiqués par M. Chudeau (pl. XXVI, fig. 1). Tous ces fossiles,

1. C'était aussi l'opinion de Schenk qui avait vu les échantillons originaux. Voir *Fl. des Grenzsch.*, p. 12 et 35.

ceux dont j'ai vu les figures et ceux que j'ai pu étudier sur les échantillons eux-mêmes, ont un certain nombre de caractères communs : la présence de côtes parallèles très régulières, de dimensions égales, ou à peu près, pour chacun d'eux; ils sont très aplatis, c'est ce qui les a fait considérer par D. Brauns comme des empreintes de feuilles; enfin, on n'y voit jamais traces d'articulations, quelle que soit leur longueur. Un tel ensemble de caractères est bien peu compatible avec l'attribution qui leur a été généralement donnée.

Ce que Schenk a considéré comme le noyau du *Calamites* (*Schizoneura Meriani*) l'avait d'abord beaucoup embarrassé, il le dit lui-même (1), et c'est en se basant sur la coexistence dans les mêmes couches du fossile douteux et des feuilles de l'espèce mieux connue qu'il est arrivé à l'identification : méthode utile parfois, mais dangereuse souvent; Schenk a été le premier à la soumettre plus tard à sa sévère critique. Ainsi, dans le dernier écrit où il a parlé du fossile calamitoïde, a-t-il reconnu qu'on devait considérer la détermination comme douteuse tant qu'on n'aurait pas de meilleurs échantillons, plus complets surtout, que ceux qu'il avait eus entre les mains (2).

M. Nathorst a été plus loin; fort de sa connaissance du *Calamites* (*Schizoneura*) *hœrensis,* il rejette complètement l'attribution de Schenk et même celle du fossile en question à une Equisétinée. « C'est pourquoi, dit-il (3), ce ne peut être l'espèce décrite par Schenk sous le nom de *Calamites hœrensis*. Pour ma part, je considère comme possible que la plante décrite par lui dans cet ouvrage puisse être une tige résineuse sur laquelle une pression avait déterminé ces cannelures pourtant si régulières. D'un côté de la reproduction de l'objet se voit une cicatrice qui est peut-être le point de départ d'un rameau. »

Quant au soi-disant *Schizoneura Meriani* de Morière, qui ne peut d'ailleurs qu'être rapproché, sans affirmation d'identité, des fossiles précédents, M. Lignier (4), qui a eu l'occasion de

1. *Beiträge zur Flora des Keupers*, etc., p. 73.

2. *Bemerkungen über einige Pflanzen... der Umgebung des Comersees*, p. 7.

3. « Bidrag till Sveriges fossila flora II. Floran vid Höganas och Helsingborg » (*Kongliga svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar*, XXVI, 1878), p. 10.

4. « Observations sur les *Schizoneura Meriani* de Sainte-Honorine-le-Guillaume (Orne) » (*Bull. Soc. lin. de Normandie*, 1884, p. 328) et « Contributions à la Flore liasique de Sainte-Honorine-le-Guillaume » (*Mém. de la Soc. lin. de Normandie*, XVIII, p. 8).

l'étudier sur de nombreux échantillons, non seulement exprime des doutes sur la légitimité de la détermination qui est en effet insoutenable, mais en se basant sur quelques restes de structure conservée observés à la surface d'un échantillon et sur une cicatrice de rameau rencontrée sur une autre, il arrive, pour le fossile qu'il a étudié, à une conclusion fort analogue à celle de M. Nathorst, à savoir qu'il s'agirait du moulage d'une cavité interne formée par la destruction de la moelle et des premières couches de bois secondaire d'une Gymnosperme ou d'une Acotylédone vasculaire à bois secondaire, cette dernière hypothèse n'étant d'ailleurs donnée qu'accessoirement.

Laissant de côté, pour le moment, tous les fossiles étrangers à ma flore dont il vient d'être question, revenons à ceux de Suriauville. Leur aspect extérieur les fait ressembler singulièrement à certaines Sigillaires à côtes dépouillées de leur épiderme et des couches supérieures de leur écorce; mais elles s'en distinguent par l'absence totale de cicatrices foliaires, les quelques dépressions qu'on pourrait considérer comme telles étant trop douteuses pour qu'on leur accorde la moindre attention; d'un autre côté, pour ces fossiles comme pour ceux déjà décrits et dont il a été question plus haut, il ne semble pas qu'on puisse y voir des Equisétinées, les objections tirées de l'absence totale d'articulations ont ici une particulière valeur, d'autant que l'aplatissement complet de la plante et la régularité extrême des cannelures comme dimensions et comme distances ne correspond guère à ce que pourrait être le moulage intérieur d'une tige de cet ordre plus ou moins contractée par dessiccation avant fossilisation.

Les échantillons de Suriauville présentent à leur surface une couche de charbon; je me suis demandé si celui-ci n'aurait pas gardé des traces de structure permettant de se rendre compte de ce qu'était la plante qui les a fournies. Traité par les oxydants, ce charbon n'a le plus souvent rien fourni, mais il a donné aussi des fragments d'un tissu purement parenchymateux. Sur toutes les préparations qu'on a pu obtenir, il est formé de cellules à peu près isodiamétriques, de contour le plus souvent pentagonal mais en général plus ou moins arrondi, surtout quant à la cavité intérieure. Ces cellules présentent cette particularité remarquable d'être de dimensions très différentes, du simple au double environ, le même lambeau de parenchyme présentant

complètement mêlées des cellules de dimensions diverses. Il est évident qu'un tissu semblable n'a rien de commun avec celui d'un épiderme ; il peut, à la rigueur, se rencontrer dans le parenchyme cortical, mais c'est surtout dans la moelle qu'on en observe ; l'absence d'épiderme, tissu éminemment résistant qui bien souvent s'est conservé alors que tous les autres ont été détruits, qui, de plus, se prête admirablement au traitement par les oxydants, viendrait à l'appui de cette interprétation qui aurait aussi pour elle la présence de quelques éléments allongés, malheureusement très mal conservés, que j'ai obtenus dans un autre essai et qui pourraient être des éléments ligneux entourant la moelle. Nous serions donc encore ici comme pour plusieurs fossiles antérieurement décrits, en présence d'un moule d'étui médullaire, celui-ci caractérisé par des cannelures longitudinales.

Mais si ces lambeaux de structure conservée jettent quelque jour sur la nature de ces énigmatiques fossiles, ils laissent encore bien des points singuliers à éclaircir, ils laissent enfin à peu près intacte la question de leur attribution taxinomique. Comment se fait-il que de tous les tissus ce soit la moelle qui se serait, en partie au moins, conservée à l'état charbonneux alors que dans les autres cas la roche s'est substituée entièrement à la moelle, le bois ayant été ensuite détruit, ce qu'on ne s'explique pas non plus sans quelque difficulté, mais est cependant compréhensible ; comment, en outre, cette moelle se trouve-t-elle constamment aplatie au point qu'on a pu la prendre pour une empreinte de feuille ? Comment n'y a-t-il à sa surface aucune trace de l'origine des faisceaux foliaires ? Enfin, à quelle classe végétale peuvent se rapporter ces singulières moelles ? Il me semble certain qu'il faut abandonner l'attribution à des Equisétinées, à raison de l'absence totale d'articulations ; il me semble qu'il ne faut pas non plus les rattacher aux Lycopodinées qui n'ont pas de moelle ou n'en ont pas d'aussi volumineuse. Ce ne sont pas non plus des restes de Fougères, ni de Cycadées, dont les moules d'étuis médullaires sont bien connus et très différents. Il ne saurait être question de Salisburiées chez lesquelles la moelle est très peu volumineuse. Restent donc les autres Gymnospermes, mais même pour celles-ci, le faible diamètre de l'étui médullaire constitue une difficulté analogue à celle que nous avons rencontrée pour les gros *Endolepis* sur lesquels on avait

fondé le genre *Tylodendron*. La difficulté serait encore plus grande pour les soi-disant *Schizoneura* de Morière; l'échantillon qui m'a été communiqué par M. Lignier a 14 centimètres de grand diamètre, 2 1/2 de petit et il n'est pas conservé dans toute sa largeur! Espérons que l'avenir nous présentera des échantillons meilleurs encore que ceux de Suriauville et qui permettront de résoudre complètement l'énigme.

Dans tous les cas, le genre étant nouveau, j'ai dû lui donner un nom nouveau; j'en ai composé un avec un substantif et un adjectif grecs qui rappellent le caractère spécial que possède le fossile. Il n'a été constaté d'une façon certaine que dans le Trias et le keuper; le soi-disant *Schizoneura Meriani* de Sainte-Honorine-le-Guillaume paraît bien s'en rapprocher, mais sans qu'on puisse l'affirmer d'une façon certaine; l'origine absolument organique pourrait peut-être même se discuter. J'en décris ici une seule espèce, les autres n'appartenant pas à ma circonscription florale; je lui ai donné le nom de M. Zeiller qui l'a découvert et dont l'amitié m'a fourni plusieurs documents fort intéressants pour la rédaction de cette flore.

64. **R. Zeilleri** n. sp. Pl. XXV, fig. 5.

*Caule valde compresso, complanato; costis sectione rotundata, interdum fere semicirculari, circa 4mm diametro metientibus; sulcis angustis, haud profundis.*

En dehors des caractères généraux qui distinguent le genre, le fossile ne peut être défini que par la forme et les dimensions des crêtes et des sillons qui les séparent.

Keuper. Vosges : Suriauville (*Zeiller*) [coll. de l'École des mines). R. R.

### *Pœcilitocaulon* nov. gen. (1)

*Caulis elongatus, verisimiliter sectione circulari aut elliptica quando vivus erat, cicatrices propinquissimas, uniseriales, præbens; illæ circulares, margine tumido circumscriptæ, centro minima cicatricula vasculari instructæ.*

Les collections de la Faculté des sciences de Nancy renferment un échantillon provenant du grès bigarré de Bréménil (Meurthe-

1. L'étude de ce fossile et des suivants, à l'exception du *Pœcilitestachys Haugi*, a été rédigée d'après les notes laissées par l'auteur. Ph. G.

et-Moselle) qui présente plusieurs fragments végétaux paraissant appartenir pour la plupart, si ce n'est même exclusivement, à des axes : un, notamment, paraît être un assez gros fragment de bois de Conifère; le tout est d'ailleurs indéterminable, sauf un long fragment d'organe axile. Cet organe paraît avoir été à peu près cylindrique, mais est aujourd'hui aplati, comme il arrive si souvent pour les restes végétaux renfermés dans le grès bigarré. Toutefois, en examinant l'échantillon avec soin et en le regardant sous un angle convenable, on constate très bien que l'une des extrémités de l'organe, dont la surface est plus irrégulière, est bombée et affecte une forme demi-cylindrique. A partir de là, le bombement diminue assez rapidement, mais progressivement en allant vers la partie plane qui forme la majorité de l'empreinte. Il semble donc que la forme de cette dernière ne serait pas due, entièrement du moins, à l'écrasement, mais correspondrait à un aplatissement sensible à l'état de vie. Elle présente une longueur maximum de 148 millimètres, sans qu'on ait les extrémités : il y a eu une cassure bien évidente et légèrement oblique à chacun des deux bouts. La largeur est de 12 millimètres; il y a un léger rétrécissement vers les deux extrémités, mais celui de la base paraît être seul réel, l'autre extrémité ne semblant pas nettement dégagée de la roche. A la base, où d'ailleurs la forme arrondie est mieux conservée, la largeur est de 10 millimètres, en sorte que cette dimension se rapproche plus peut-être du diamètre réel de l'organe vivant que les dimensions du reste de l'empreinte, plus écrasé.

L'empreinte ne présente aucune trace de feuilles, de fruits ou de racines. Mais on observe à sa surface, très rapprochées les unes des autres, et disposées en une seule série, des cicatrices formées par un cercle de 2 à 3 millimètres de diamètre, entourées d'un mamelon plus ou moins prononcé, le tout atteignant 5 à 6 millimètres de diamètre. Au centre du cercle on distingue peut-être la trace d'un petit faisceau vasculaire cylindrique, mais cela reste un peu douteux à cause du grain grossier de la roche. Du bord du cercle, au moins sur les cicatrices les mieux conservées, partent des impressions rayonnantes allant jusqu'au bord de l'empreinte. Cela laisse l'impression de poils plutôt que de fines racines, à moins, mais cela est peu probable, que ce ne soient les nervures d'expansions falciformes d'*Aphlebia*. Entre les cica-

trices l'axe présente de légers renflements, en sorte qu'il semble un peu noueux. Vers la base, il paraît y avoir eu développement de liège et les cicatrices, beaucoup moins nettes, semblent être plus ou moins déjetées.

Quelle est la nature de ce fossile et à quel groupe doit-on le rattacher ?

Rien d'absolument semblable n'a été signalé ni dans le Trias, ni dans le Rhétien. Ce qui s'en rapprocherait le plus seraient des empreintes, provenant du Rhétien du Groenland, décrites et figurées par M. Hartz [1], celle surtout qu'il a représentée planche XVI, figure 2, à cause de ses cicatrices bien en ligne et rapprochées. Les échantillons d'après lesquels ont été faites ces deux figures sont déposés au Musée géologique de l'Université de Copenhague. Ils sont en bon état : l'un d'eux forme une légère saillie à la surface de la roche, mais ils ne présentent ni l'un, ni l'autre de restes de matière organique. Les cicatrices sont légèrement saillantes, mais ne présentent pas les empreintes de poils visibles sur l'échantillon du grès bigarré : les cicatrices ne sont pas non plus toujours circulaires, ce que, d'ailleurs, les figures laissent voir. Bien que ces cicatrices soient en série assez franchement linéaire, elles ne le sont pas aussi nettement que chez l'échantillon lorrain. M. Hartz donne ces échantillons, avec beaucoup de doutes, comme des rhizômes de Fougères. Ces doutes sont parfaitement justifiés pour ses échantillons comme pour celui de Bréménil. L'étude de nombreux rhizômes de Fougères des genres *Davallia, Oleandra* et *Nephrolepis,* conservés dans l'herbier du Muséum, confirme cette manière de voir. Ce n'est que très exceptionnellement qu'on y observe quelqu'un des caractères du fossile, et jamais ceux-ci ne se trouvent réunis. Il y a, au contraire, un ensemble de caractères éloignant le fossile d'un rhizôme : sa rigidité ; l'absence totale de racines, bien que la longueur conservée soit assez considérale ; l'absence de poils ramenteux ; la disposition des cicatrices sur une seule ligne droite, alors que généralement elles ont chez les Fougères une disposition en deux lignes suivant lesquelles elles alternent ; l'absence de toute saillie des cicatrices ; le mamelon qui les entoure. L'iden-

---

1. N. Hartz, « Plantefossteninger fra Cap Stewart, i Ostgrønland, med en historisk Oversigt » (*Meddelelser om Grønland,* XIX, Copenhague, 1896), p. 233 et pl. XVI, figure 2.

tification avec un rhizôme de Fougère semble donc devoir être complètement écartée.

Ne s'agirait-il pas plutôt d'un rachis de fronde dont les pennes se désarticuleraient. Mais à quelle espèce déjà connue de la flore du Trias, l'échantillon se rapporterait-il? On pourrait songer à une Fougère. A en juger d'après les échantillons que l'on possède, la Fougère qui s'en rapprocherait le plus par ses dimensions, l'*Anomopteris*, ne présente pas habituellement cette forme de rachis et n'aurait pas eu des pennes se désarticulant aussi complètement; les pennes ne sont pas non plus assez fortes pour laisser des cicatrices d'aussi grandes dimensions.

Ce pourrait être le rachis d'une fronde de Cycadée à pinnules atténuées à la base, telle que les *Sphenozamites*. Une espèce de ce genre, le *S. tener*, a été trouvée dans le Trias par le Dr Compter qui l'a décrite [1]. Ni du texte, ni de l'examen de la planche et des figures qui lui sont consacrés, on ne peut conclure que le rachis dépouillé de ses pinnules eût la moindre ressemblance avec le fossile de Bréménil. Les cicatrices seraient beaucoup plus éloignées les unes des autres et elles ne seraient pas arrondies. D'ailleurs, des recherches faites au Muséum il résulte que les folioles des Cycadées actuelles ne se désarticulent pas. Pourtant il peut y avoir exception, au moins dans certaines conditions et pour certaines espèces (*Zamia, Dioon edule*), d'après une observation faite par M. Zeiller sur des feuilles desséchées.

Le fossile pourrait encore être considéré comme un support de graines ou d'inflorescences, comparable au rachis des frondes fertiles des *Cycas*, avec lesquelles il présente une certaine analogie. Chez ces dernières on voit, après la chute des graines, qui sont disposées en une seule série de chaque côté de l'axe, une cicatrice circulaire entourée d'un renflement. Chez le *Cycas circinalis* en particulier, qui présente un grand nombre de graines et se rapprocherait à cet égard du fossile, on voit sur des rachis présentant de jeunes graines incomplètement développées un renflement nettement mamelonné autour de la cicatrice. Il faut remarquer toutefois que la ressemblance avec le fossile est moindre quand on observe un rachis arrivé à complet développement : le bourrelet se développant, il n'y a plus alors sur le rachis

1. Compter, in Apolda. *Zur fossile Flora der Lettenkohle Thüringen's*, in *Zeitschrift für Naturwissenschaften*, LVI, Halle, 1883, p. 1.

qu'un coussinet très saillant à l'extérieur et un peu creusé à l'intérieur.

En définitive, il semble vraisemblable d'interpréter le fossile comme étant un axe d'inflorescence dont les graines se seraient détachées, et probablement d'attribuer celui-ci aux Cycadées. Mais on ne peut le rapprocher d'aucune espèce actuellement existante, ni d'aucune espèce fossile décrite jusqu'à ce jour. En raison du doute qui règne sur ce fossile au point de vue morphologique et taxinomique, il a semblé préférable de lui donner un nom qui ne préjuge rien à ce double point de vue.

65. **P. dubium** n. sp. Pl. XXVI, fig. 3.

*Caule plus quam 148mm longo, 12mm lato, cicatricibus 2-3mm diametro interiore, 5-6mm cum margine metientibus.*

L'échantillon étant unique on ne peut donner pour l'espèce que les caractères admis pour le genre, en y ajoutant les dimensions qui la caractérisent.

Grès bigarré, Meurthe-et-Moselle : Bréménil [*Nicklès*] (Coll. Faculté des sciences). Échantillon unique.

## *ORGANES FRUCTIFICATEURS*

### *Pœcilitostachys* nov. gen. (1)

*Spica sporifera, capituli speciem præbens; pedunculo elongato, nudo, receptaculo leviter conico dilatato, foliis fertilibus numerosissimis, adpressis, linearibus, acuminatis; macrosporangiis ellipticis basi insertis.*

Les collections du laboratoire de géologie de la Sorbonne renferment, en empreinte et en contre-empreinte, un fossile végétal que M. Haug a bien voulu me confier pour en faire l'étude. Il a été trouvé dans le grès bigarré, aux environs d'Épinal; bien qu'il soit en mauvais état de conservation, il est facile de voir qu'il s'agit d'un organe reproducteur constitué par un axe allongé, cylindrique, complètement dépourvu de feuilles, s'épaississant à son sommet en un réceptacle arrondi portant un capitule de bractées ou feuilles fertiles; mais en dehors de la dimension en

1. L'étude de ce fossile a été entièrement faite par l'auteur : je me suis borné à reproduire le texte d'une note publiée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CXLVIII, p. 259. Ph. G.

longueur de celle-ci, de la forme globuleuse du capitule qu'elles forment, il est impossible de se rendre compte de la forme de ces feuilles ou bractées, sinon qu'elles paraissent avoir été allongées et étroites. Il était impossible d'ailleurs de savoir ce qu'elles avaient porté : sporanges ou graines. Malgré l'imperfection de ce fossile, il était facile de voir qu'il s'agissait probablement d'un type générique sensiblement différent de tout ce qui avait été décrit jusqu'ici dans le même terrain, et cela rendait fort désirable la découverte d'un nouvel échantillon permettant de se rendre plus complètement compte de sa structure.

Un heureux hasard en a mis un entre mes mains : M. l'abbé Mélinette, élève du laboratoire de géologie de l'Université de Nancy, l'a trouvé dans les carrières de Merviller-Vacqueville (Meurthe-et-Moselle), qui ont déjà fourni des documents singulièrement intéressants pour l'étude de la flore du grès bigarré ; grâce à l'obligeante intervention de M. Nicklès, l'auteur de la trouvaille a bien voulu me confier, pour l'étudier, ce nouvel échantillon, qui complète de la façon la plus heureuse les renseignements fournis par celui de la Sorbonne.

En combinant les renseignements fournis par ces deux échantillons, on voit que l'organe dont il s'agit était constitué par un axe complètement dépourvu de feuilles, d'une longueur dépassant 10 centimètres et de 3 millimètres de diamètre ; celui-ci s'épaississait sur une longueur de 1 centimètre à sa partie supérieure et se terminait par une portion très brièvement et très légèrement conique portant les feuilles soit toutes, soit en partie fertiles, le tout formant un capitule d'environ 3 centimètres de largeur et 4 centimètres de hauteur. Ces feuilles, très mal conservées sur l'échantillon de la Sorbonne (pl. XXVII, fig. 1), le sont beaucoup mieux sur celui de Merviller-Vacqueville (pl. XXVI, fig. 4); on voit qu'elles étaient allongées, étroites, probablement acuminées vers l'extrémité, peut-être de deux formes, les unes plus étroites, les autres plus larges, costulées ; dans tous les cas, elles étaient évidemment de consistance un peu ferme, mais herbacée, car elles apparaissent souvent plus ou moins contournées. Enfin, ce qui est particulièrement intéressant, on voit, sur une partie notable de l'échantillon, des corps elliptiques, lorsqu'ils sont le mieux conservés, mesurant 3 millimètres sur leur grand axe et 2 millimètres sur le plus petit, qui paraissent être bien évidem-

ment des macrosporanges : ils se montrent remplis de corps globuleux mesurant environ un quart de millimètre de diamètre; l'ensemble présente un aspect qui n'est pas sans rappeler les macrosporanges des *Isoetes;* souvent aussi ces macrosporanges présentent des vides transversaux d'une épaisseur correspondant au diamètre d'une macrospore, ce que j'ai constaté aussi sur des macrosporanges d'*Isoetes,* conservés en herbier. De leur position actuelle on peut conclure, sans hésiter, qu'ils ne sont plus en place, qu'ils se sont détachés de la feuille qui les a portés, mais ils sont en nombre tel sur le fossile, alors qu'on ne les a rencontrés nulle part ailleurs, qu'il semble qu'on peut, avec toute raison, les lui attribuer.

Parmi les fossiles végétaux décrits jusqu'à présent dans le grès bigarré, seuls les *Echinostachys* de Brongniart ont quelque analogie avec le fossile que je viens de décrire; mais d'après les figures de Schimper et Mougeot, il me semblait que, non seulement il n'y avait pas identité spécifique avec les formes qu'ils avaient distinguées, sous des noms différents, mais qu'on ne pouvait admettre l'identité générique. Grâce à MM. les professeurs Comte de Solms-Laubach et Holzappfel, directeur de l'Institut géologique de l'Université de Strasbourg, auxquels j'adresse mes bien vifs remerciements, j'ai reçu en communication les échantillons originaux qui font partie des collections de cet établissement. J'ai constaté qu'en effet, par la longueur et la forme de l'axe, par la forme des feuilles fertiles, par la forme des corps reproducteurs, les *Echinostachys* diffèrent trop du fossile que j'étudie ici pour qu'on puisse les ranger dans le même genre.

Quelles sont ses affinités ? Il est évident qu'il ne faut les chercher ni dans les Fougères, ni dans les Équisétinées; il en a, au contraire, de très grandes avec les Lycopodinées et même avec ce qu'on observe chez les Sigillaires, mais avec des différences importantes : l'épaississement de la partie supérieure du long pédoncule supportant l'épi, le refoulement final sur lui-même de celui-ci, ce qui amène les bractées à s'insérer sur une espèce de plateau, enfin et surtout les sporanges qui paraissent avoir été susceptibles de se détacher. Mais s'il ne s'agit pas d'une Sigillaire, il me semble certain qu'on est en présence d'une Lycopodinée affine des grandes Lycopodinées primaires. Comme on a déjà reconnu dans le Trias quelques types leur appartenant certaine-

ment ou qui se rangent auprès d'elles, mais sans qu'on ait jusqu'à présent décrit les organes reproducteurs d'aucun, il est impossible de se prononcer, même avec doute, en faveur de l'attribution à l'un d'entre eux du fossile qui vient de nous occuper. Il me semble bon cependant de faire observer, sans qu'il y ait lieu d'attacher à cette coïncidence plus d'importance que de raison, que les deux localités où ont été trouvés les échantillons décrits confinent, si elles ne leur sont même identiques, à celles où ont été trouvés les curieux et rares *Lesangeana*, alors que les *Pleuromeia*, auxquels il y aurait lieu de songer pour quelques bonnes raisons, y font totalement défaut.

Le type étant nouveau, j'ai dû créer, pour lui, un nom générique en même temps qu'un nom spécifique; je propose de le nommer *Pœcilitostachys Haugi*, le nom de genre rappelant le terrain dans lequel il a été trouvé, le nom spécifique celui du géologue auquel je dois la connaissance du premier échantillon de cet intéressant fossile.

66. **P. Haugi** n. sp. Pl. XXVI, fig. 4; Pl. XXVII, fig. 1.

*Pedunculo plus quam 10$^{cm}$ longo, 5$^{mm}$ crasso, capitulo latitudine 5$^{cm}$, longitudine 4$^{cm}$ metiente; macrosporangiis 3$^{mm}$ longis, 2$^{mm}$ latis.*

*P. Haugi* Fliche, *C. R. Ac. Sc.*, 1er février 1909, tome CXLVIII, p. 259.

Grès bigarré, Meurthe-et-Moselle : Merviller-Vacqueville [*Abbé Mélinette*] (Coll. Faculté des Sciences); Vosges : Épinal (Coll. de la Sorbonne). RR.

## *Cordaianthopsis* nov. gen.

*Spica fructifera, cylindrica, elongata, longe pedunculata, bracteis spiraliter dispositis, sat brevibus, linearibus, erectis, apice versus axim deflectis. Semina oblonga, compressa, profunde sulcata, in bractearum axillis collocata.*

Parmi les échantillons communiqués par M. Minier, ingénieur principal des mines de Ronchamp, se trouve une belle empreinte d'inflorescence provenant du grès bigarré de cette localité. La roche a un grain assez grossier, l'empreinte est visible grâce à un revêtement d'oxyde de fer. C'est un épi, porté à l'extrémité d'un long pédoncule et muni de bractées à l'aisselle desquelles se trouvent des corps oblongs. La longueur totale de l'échantillon est de 15 centimètres : les extrémités manquent de netteté et portent la trace de cassures. L'axe, complètement dépourvu de

tout appendice qui en forme la partie basilaire, est visible sur une longueur de 8 centimètres : d'une largeur uniforme de 3 millimètres, il paraît avoir été fortement comprimé par la fossilisation. L'épi, d'une longueur de 7 centimètres, paraît avoir eu dans son ensemble une forme cylindrique, sa longueur sur l'empreinte étant de 12 millimètres. Il présente sur toute sa longueur de nombreuses bractées, linéaires, insérées en spirale, l'extrémité étant réfléchie vers l'axe, longues de 14 millimètres environ. A leur aisselle se trouvent des corps dont les caractères ne sont nettement visibles que sur les bords de l'épi, où leur état de conservation est meilleur : les uns se présentent de face, les autres de profil. Vus de face, leur contour est oblong, avec un sillon médian fortement accusé : la longueur est de 5 millimètres, la largeur de $2^{mm}5$. La section est comprimée, d'une épaisseur uniforme de $1^{mm}25$. Vers le sommet, où l'empreinte est interrompue par une cassure de la roche, l'axe de l'épi a été fendu longitudinalement et l'on aperçoit sur une petite longueur la moelle, moulée par l'oxyde de fer et nettement sillonnée.

L'aspect général de cet épi rappelle un peu au premier abord celui d'un *Aethophyllum*, mais la comparaison avec la description et les figures données par Schimper et Mougeot (1) permet de constater de grandes différences dans les bractées, qui sont toujours plus larges dans les *Aethophyllum*, et dans les corps qu'elles portent à leur aisselle, qui sont ici de plus grandes dimensions.

Le fossile offre, au contraire, une grande ressemblance avec une inflorescence de Cordaïte. Il s'agit, suivant toutes probabilités, d'une inflorescence femelle : on ne voit rien en effet sur l'empreinte qui ressemble aux écailles des épillets mâles de Cordaïtes, et, par contre, la présence, sur les corps placés à l'aisselle des bractées, d'un sillon médian, les rapproche des graines de ces végétaux. Mais, quoique les caractères généraux de l'épi le rattachent à ce groupe et que l'on soit tenté de le ranger dans le genre *Cordaianthus*, il y a cependant des caractères qui jettent un doute sur la légitimité de cette attribution. C'est surtout la grande longueur de l'axe nu qui supporte l'épi, alors que dans les *Cordaianthus* cet axe est toujours très court. Ce doute est justifié aussi par l'examen du fragment de moelle visible à la partie supérieure de

1. *Op. cit.*, p. 38, pl. XIX à XXII.

l'empreinte et qui, s'il est fortement sillonné, ne présente aucune trace de cloisonnement.

D'autre part, parmi les fossiles jusqu'ici décrits dans le Trias et les étages voisins, aucun n'est identique ni même analoque à celui de Ronchamp ; mais plusieurs s'en rapprochent et offrent surtout des affinités incontestables avec les *Cordaianthus*.

Geinitz a décrit sous le nom de *Schutzia anomala*, une inflorescence que Gœppert [1] place parmi les *incertæ sedis*, mais qu'il rapproche cependant des *Nœggerathia*, parmi lesquels il comprend d'ailleurs les Cordaïtes. Il en rapproche le *Guglielmites permianus* Geinitz (*Leitpflanzen der Rothliegende*, etc. Taf. 2, fig. 6-9), mais en faisant remarquer qu'il y a de notables différences. C'est en effet quelque chose de très différent, et dans ce dernier, il n'y a, de plus, que des restes d'axe d'inflorescence. Il semble cependant que les deux appartiennent aux Cordaïtes *sensu latiori*. Le *Schutzia* ressemble à l'inflorescence du grès bigarré de Ronchamp par la longueur de l'épi et de l'axe qui le porte, qui mesure, suivant les auteurs, 3 pouces de long sur 2 1/2 à 3 1/2 lignes de large ; les figures indiquent même une largeur encore plus grande. Mais il y a des différences profondes en ce qui concerne la disposition des graines qui sont pédicellées, les pédicelles étant dépourvus de bractées à leur base, mais portant à l'extrémité de nombreuses bractées entourant la graine.

Schenk [2] décrit sous le nom de *Stachyopitys* des inflorescences mâles et femelles trouvées dans le Rhétien et qu'il ne rattache à aucun groupe. L'inflorescence femelle figurée planche XLIV, figure 12 et 12 *a*, se rattache certainement aux Cordaïtes : elle présente des graines pédicellées, entourées d'écailles conniventes au sommet et munies d'une arête longitudinale. Mais, pas plus que les précédentes, elle n'est comparable à l'inflorescence de Ronchamp.

Le fossile dont il s'agit présente donc, en résumé, des analogies sensibles avec les inflorescences des Cordaïtes. On pourrait voir dans sa présence dans le grès bigarré une nouvelle preuve de l'existence de ce groupe dans le Trias, existence déjà prouvée

---

1. Gœppert, « Foss. Flora der permischen Formation » (*Paleontographica*, XII, 1864-1865).

2. Schenk, *Foss. Flora der Grenzschichten der Keuper und Lias Frankens*, 1867, p. 185 et pl. XLIV.

par l'étude des feuilles décrites autrefois sous le nom de *Yuccites*. La présence d'inflorescences se rattachant au type des *Cordaianthus* décrites par Geinitz dans le Permien et Schenk dans le Rhétien, vient à l'appui de cette idée. Mais, en raison des différences existant entre le fossile et les types d'inflorescences appartenant incontestablement aux Cordaïtes, et en l'absence de toute connexion du fossile avec un rameau feuillé qui préciserait son attribution, il est plus logique de le laisser parmi les *incertæ sedis*, en lui donnant un nom générique spécial.

67. **C. Minieri** n. sp. Pl. XXVII, fig. 2.

*Pedunculo nudo, circa 3$^{mm}$ diametro metiente, spica 12$^{mm}$ lata, bracteis 14$^{mm}$ circiter longis, seminibus longitudine 5$^{mm}$, latitudine 2$^{mm}$5, crassitudine 1$^{mm}$ 1/4 metientibus.*

Comme précédemment et pour les mêmes raisons on ne peut définir l'espèce unique que par ses dimensions.

Grès bigarré. Haute-Saône : Ronchamp [*Minier*] (Coll. Faculté des Sciences). Échantillon unique.

### *Annalepis* n. gen.

*Squamæ fructiferæ, plerumque sparsæ occurrentes, rarius circum axim spiraliter dispositæ, ambitu trapezoideo, basi paululum alatæ, appendice fere quadrangulato, angulis rotundatis, terminatæ; costa media prominente, inter duos sulcos plus minusve profundos ac versus apicem paulatim dilatatos instructæ.*

On rencontre dans diverses localités, et notamment dans le muschelkalk supérieur (Lettenkohle) aux environs de Lunéville, dans les lignites du keuper à Suriauville, des empreintes d'organes ayant appartenu, suivant toutes probabilités, à un appareil fructificateur et dont les affinités sont des plus douteuses. Ce sont des écailles de forme générale à peu près trapézoïdale, comprenant une partie centrale qui, à en juger par son état de conservation, devait être plus résistante, et présentant une arête médiane saillante et une bordure membraneuse : cette bordure est prolongée à la base en deux ailes peu développées et forme à l'extrémité une languette tronquée, à angles arrondis. Les échantillons de Suriauville, sur lesquels l'empreinte est couverte

d'une mince couche charbonneuse, montrent que l'organe n'avait pas une grande épaisseur. Sur l'une des faces, sont creusées deux dépressions symétriques paraissant correspondre au logement de deux corps semblables, fruits ou graines. Ces dépressions forment à la base une sorte de sillon qui va en s'élargissant et se termine par un espace plus ou moins déprimé entouré d'un rebord saillant. Ces dépressions sont très inégalement accentuées dans les divers échantillons : le plus souvent, elles sont peu accusées et quand elles le sont, c'est généralement d'un seul côté seulement. Il semble donc que les fruits ou graines qui, par compression, ont produit ces empreintes étaient souvent avortés ou arrêtés à des états divers de développement, et que la majorité de ces écailles aient été stériles. La face opposée présente des saillies irrégulières et une seule ligne médiane bien accusée. Les dimensions de ces organes sont assez variables. Les dimensions maximun sont de 40 millimètres de longueur, sans la languette, sur une largeur de 20 millimètres, la languette mesurant environ 6 millimètres de long. Mais ces mesures peuvent descendre, dans certains échantillons, à 14 millimètres sur 5, sans la languette.

Ces écailles sont le plus souvent isolées. Dans quelques échantillons cependant, on observe plusieurs empreintes juxtaposées et rayonnant autour d'un axe commun. C'est le cas pour un échantillon appartenant à l'École des mines et recueilli à Rivières-le-Bois près Chalindrey (Haute-Marne), dans le keuper supérieur. Cet échantillon (pl. XXVII, fig. 4), intéressant par sa provenance, puisqu'il prouve l'existence du fossile en question dans une autre région et à un niveau supérieur à ceux envisagés jusqu'à présent, présente trois écailles placées l'une à côté de l'autre évidemment telles qu'elles étaient sur l'axe qui les portait, Cet axe était visiblement de fort diamètre ; de plus, les écailles étaient insérées en spirale, car elles se recouvrent légèrement par un bord. Un autre échantillon de la collection de l'École des mines, provenant de Chauffontaine (pl. XXVII, fig. 3), présente, au milieu de nombreuses empreintes d'écailles orientées dans tous les sens, une sorte de diaphragme, muni au centre d'une tache circulaire correspondant à un faisceau ou moelle, tranchant nettement sur la masse uniforme qui l'entoure. Tout autour de ce diaphragme sont insérés deux verticilles d'écailles dont on ne

distingue que la base. Toutefois, elles semblent un peu différentes de celles qui sont éparses sur l'échantillon, en sorte qu'on peut douter qu'il s'agisse de deux parties se rapportant au même fossile.

On a signalé dans le Trias et dans des étages voisins des fossiles pour le moins très analogues à celui qui vient d'être décrit et ils ont été interprétés par les auteurs de diverses manières.

Emmons (1) a décrit des fossiles du Trias de la Caroline du Nord dont certains paraissent très voisins, sinon identiques, à ceux du Trias lorrain. Il les place parmi les *incertæ sedis*, en les considérant comme des écailles d'un organe fructificateur, et crée pour eux le genre *Lepacyclotes ;* il en distingue deux espèces : *L. ellipticus* et *L. circularis*.

Fontaine (2) considère les *Lepacyclotes* comme des écailles de cônes d'Araucariées et la ressemblance serait même assez grande pour qu'on puisse les rattacher au genre Araucaria. Il réunit d'ailleurs les deux espèces distinguées par Emmons, sous le nom d'*Araucarites carolinensis*. Plus tard, le même auteur (3) reprend, d'une manière plus détaillée, l'étude de ces fossiles d'après les échantillons originaux d'Emmons et émet une interprétation toute différente de celle qu'il avait d'abord adoptée : il les regarde comme des gaines d'un *Equisetum* qu'il identifie à *E. Rogersii*, en considérant la côte médiane de chacune des écailles comme le moulage du sillon séparant les feuilles contiguës de la gaine. Il s'appuie aussi, sans développer aucunement cette idée, sur la ressemblance du tissu épidermique parfois conservé sur ces écailles, avec l'épiderme de *E. Rogersii*.

Sans insister sur cette manière de voir, qui est fort discutable, on peut remarquer que les divers échantillons figurés par l'auteur paraissent se rapporter à des végétaux différents. Il est difficile d'identifier les échantillons dénommés *Lepacyclotes ellipticus* figurés planche XLVIII, figures 1, 2 et 4, avec les échantillons portant le même nom, figurés planche XLVII, figure 5, et une

---

1. Emmons, *Geological Report of the Midland Countries of North Carolina*, 1856, p. 333 et pl. III, fig. 6.

Id. *American Geology*, 1857, part. VI, p. 129, fig. 98 et pl. III, fig. 6.

2. Fontaine, *Contributions to the Knowledge of the older mesozoic flora of Virginia*, 1883, p. 118, pl. XLIX, fig. 8, et pl. LII, fig. 4.

3. Id. In Lester F. Ward. *Status of the mesozoic flora of the United States. First paper : The older mesozoic*, 1900, p. 341, pl. XLVII, fig. 4, 5, et pl. XLVIII.

partie de ceux figurés à la partie supérieure de la figure 3, planche XLVIII. Dans cette dernière figure il y a évidemment, au voisinage l'une de l'autre, sur un même fragment de roche, les empreintes de deux fossiles différents. Les écailles figurées à la partie supérieure et aussi celle représentée planche XLVII, figure 5, présentent la plus grande analogie avec les écailles trouvées en Lorraine et, pour elles, il est en tout cas impossible d'admettre l'interprétation proposée par Fontaine.

En Suisse, Heer[1] a décrit sous le nom d'*Equisetum triphyllum* des écailles provenant du Trias des Mythen qui sont vraisemblablement les mêmes que celles du Trias lorrain. Il les considère comme les écailles fertiles d'un *Equisetum*, peut-être de son *E. Mytharum* en compagnie duquel on les rencontre. Il avoue que cette attribution à un *Equisetum* n'a été faite par lui qu'après beaucoup d'hésitations : elle semble, en effet, peu légitime.

Le fossile qui nous occupe offre aussi des analogies avec des empreintes de diverses provenances décrites comme des écailles généralement stériles de cônes d'Araucariées, et rangées dans les genres *Araucaria* ou *Araucarites*. Tel est l'*Araucaria Moreauana*, espèce établie par de Saporta[2] sur des écailles détachées trouvées dans le Corallien supérieur de la Meuse. L'examen des figures et des échantillons, actuellement existants au Muséum, représentés figures 1 et 4, fait concevoir des doutes sur l'identité de toutes les écailles figurées Pl. CLXXXIV, ainsi que sur l'exactitude de la restitution de la Pl. CLXXXV. L'attribution de ces écailles à un *Araucaria* n'est pas suffisamment démontrée.

Feistmantel[3] a décrit et figuré sous le nom d'*Araucarites cutchensis* trois échantillons du Jurassique de l'Inde présentant de l'analogie avec *Araucaria Moreauana*, et par suite avec le fossile du Trias lorrain, mais avec des dimensions plus petites. D'ailleurs le texte montre que l'auteur doute beaucoup de la légitimité du rapprochement de ces écailles avec celles des cônes d'*Araucaria*. Il rapporte à la même espèce, et avec raison, un

1. Heer, *Flora fossilis Helvetiæ*, 1876, p. 77 pl., XXIX. fig. 15-29.

2. De Saporta, *Paléontologie française, Plantes jurassiques*, t. III, p. 425, et pl. CLXXXIV, fig. 1-6, et CLXXXV.

3. O. Feistmantel, *Memoirs of the Geological Survey of India. Palæontologia indica*. Sér. II, part. I. *Jurassic (Oolitic) flora of Kach*, 1876, p. 62, pl. IX, fig. 1, 2, 3.

grand nombre d'écailles qu'il figure Pl. XIV dans *Flora of the Jabalpur group.* (1). Plus tard, dans un autre ouvrage (2), il figure de nouveau cette espèce et rapproche lui-même son *Araucarites cutchensis* d'*Araucaria Moreauana,* tout en faisant observer que l'écaille est plus grande dans l'espèce française. Certaines des figures qu'il donne dans cet ouvrage et celles relatives à une espèce voisine, *A. macropterus,* sont plus probantes pour l'attribution aux *Araucaria.* D'une façon générale cependant, ce rapprochement reste douteux.

Il paraît donc établi que des fossiles très analogues, on peut même dire identiques à ceux qui ont été trouvés dans le Trias de Lorraine, existent au même niveau dans la Caroline du Nord et en Suisse, et qu'on peut en rapprocher aussi des empreintes décrites par Feistmantel dans le Jurassique de l'Inde et par de Saporta dans le Corallien de la Meuse.

Quelle est la nature et la place systématique de ces organes? Ce sont, suivant toute probabilité, des écailles fructifères souvent stériles, groupées en spirale autour d'un axe dont elles se détachaient très facilement. L'opinion de Heer et celle de Fontaine, qui les considéraient comme des écailles fertiles ou des gaines d'*Equisetum,* est inadmissible, en raison des différences profondes qui existent entre ces organes et ceux des *Equisetum* que l'on connaît. Par contre, on peut leur trouver des analogies avec des écailles séminifères de Gymnospermes, à cause de leur forme et de leur disposition spiralée. Le rapprochement, fait par certains auteurs, d'écailles analogues et des écailles des cônes d'*Araucaria* est assez frappant, si l'on compare notamment le fossile aux écailles du cône de certaines espèces actuelles, telles que *A. Cooki.* Chez cette espèce on trouve, en effet, beaucoup d'écailles dans lesquelles la graine est mal développée; elles présentent, comme le fossile, une partie centrale plus épaisse terminée par une languette arrondie et flanquée de deux rebords minces creusés de dépressions plus ou moins marquées, qui sont dues à la pression exercée par les graines des écailles immédiatement superposées, et qui, par suite de la disposition spiralée, recou-

1. O. Feistmantel, *op. cit.*, sér. 11, part. 2. *Flora of the Jabalpur group,* 1877, p. 17, pl. XIV.

2. Id. *Ibid.* Sér. 2, part. 4. *Upper Gondwana flora of the outliers on the Madras coast,* 1879, p. 218-228 et pl. XIV, fig. 6-9, pl. XV, fig. 1, pl. XVI, fig. 15.

vrent partiellement les inférieures. Mais il faut remarquer que l'on possède des données assez précises sur l'organisation des Conifères du Trias, et que l'on n'en connaît aucun qui pourrait présenter par son appareil fructificateur des analogies avec les *Araucaria* actuels. Peut-être cependant ces organes pourraient-ils appartenir à des *Albertia,* que, sans raisons bien certaines d'ailleurs, on classe généralement parmi les Araucariées. Mais les rameaux et feuilles d'*Albertia* sont excessivement rares dans le Trias lorrain et n'ont jamais été observés au niveau auquel on a trouvé en abondance les problématiques écailles.

Enfin, on peut signaler une analogie de ces organes avec les bractées de l'appareil fructifère d'une Gnétacée, le *Welwitschia mirabilis*. Le cône de cette espèce comprend à la base un assez grand nombre de bractées ou écailles stériles, qui se désarticulent très facilement à maturité : ces bractées, de consistance faible, membraneuses, présentent une arête médiane bifurquée. Elles sont opposées et très rapprochées les unes des autres sur l'axe qui les porte. L'abondance de ces bractées stériles et la facilité de leur désarticulation rappelle ce qui existe chez les écailles fossiles. Mais là encore, on ne voit pas parmi les autres organes trouvés à l'état fossile dans le Trias, ceux qui pourraient se rapporter à une Gnétacée ou à un végétal analogue. Les végétaux de ce type font défaut à ce niveau.

Étant données les incertitudes qui règnent sur l'attribution de ces fossiles, il semble nécessaire de les maintenir dans les *incertæ sedis* et de leur donner un nom qui n'implique aucune idée à ce sujet, en créant pour eux le genre *Annalepis,* rappelant la nature de ces organes et leur gisement principal en Lorraine.

68. **A. Zeilleri** (1) n. sp. Pl. XXVII, fig. 3, 4, 5.

*Squamis longitudine 14-40$^{mm}$, latitudine 5-20$^{mm}$ metientibus, appendici circiter 2-6$^{mm}$ longo.*

Les différences constatées entre les divers échantillons examinés ne sont pas suffisantes pour qu'il soit nécessaire de les répartir dans plusieurs espèces. Les différences essentielles portent,

1. J'ai adopté pour ce fossile le nom inscrit par M. Fliche sur un échantillon appartenant à l'École des Mines, bien qu'on puisse reprocher à cette dénomination de n'être pas en accord complet avec les règles de la nomenclature. Les notes laissées par l'auteur ne laissent aucun doute sur son opinion : il admettait l'identité du fossile avec

en effet, sur les dimensions qui, ainsi que nous l'avons vu, varient dans d'assez larges limites, ce qui est facilement compréhensible pour des écailles d'un appareil fructificateur analogue à un cône : de pareilles variations se constatent sur les cônes des Conifères actuels comme sur ceux des *Welwitschia,* suivant que l'on considère les écailles de la base, du sommet ou de la partie moyenne.

Partie supérieure du Trias moyen et Trias supérieur. Meurthe-et-Moselle : Sainte-Anne et Chauffontaine (*Lebrun*, *Briquel*) [Coll. Faculté des Sciences et Coll. de l'École des mines]; Gare de Blainville (*Bleicher*) [Coll. Faculté des Sciences]. Vosges : Suriauville (*Zeiller*) [Coll. de l'École des mines]; Vittel (*Beaupré*); Norroy (*Grand'Eury*). Haute-Marne : Rivières-le-Bois (*Jannel*) [Coll. de l'École des mines] AC.

## III

## CONSIDÉRATIONS FINALES

Par R. Zeiller

En terminant l'exposé préliminaire qui forme le début de son étude sur la Flore fossile du Trias en Lorraine et en Franche-Comté, M. Fliche indiquait[1] le plan de ce travail et annonçait l'intention de le terminer par quelques considérations générales sur la distribution des espèces, sur les résultats fournis par la comparaison des fossiles énumérés avec les flores de même âge déjà observées ailleurs, et enfin sur les relations de la flore du Trias avec celles qui l'ont précédée et celles qui l'ont suivie.

La mort l'a malheureusement saisi avant qu'il ait pu terminer cette œuvre si intéressante, à laquelle il avait consacré tant de recherches, et si les notes qu'il a laissées sur les espèces d'attribution incertaine, traitées dans les dernières des pages qui pré-

---

l'*Equisetum triphyllum* Heer, mais repoussait l'interprétation de cet auteur. D'autre part, il a été aussi frappé de la grande analogie des *Annalepis* et des *Lepacyclotes* d'Emmons. En admettant l'identité du fossile suisse et du fossile lorrain, tout en s'opposant à son rattachement au genre *Equisetum*, ce dernier devrait porter le nom d'*Annalepis triphylla ;* si, de plus, on admet l'identité générique avec le fossile américain, la combinaison adoptée devrait être *Lepacyclotes triphyllus*. On peut objecter, il est vrai, que le nom de *Lepacyclotes* ne peut être conservé en raison de la diversité des échantillons réunis sous cette dénomination, et qui appartiennent certainement à des groupes et à des organes différents. M. Fliche aurait peut-être, lors de la rédaction définitive, modifié le nom imposé primitivement au fossile : me conformant à la règle que j'ai adoptée, je n'ai pas cru devoir me substituer à l'auteur pour opérer ce changement. Ph. G.

1. Voir *supra*, p. 15.

cèdent, ont pu permettre à son excellent collaborateur de l'École nationale des Eaux et Forêts, M. Guinier, de terminer la partie descriptive du travail, il n'a été retrouvé aucune indication relative aux considérations générales qui devaient constituer le chapitre final. Peut-être l'ouvrage aurait-il dû être laissé ainsi inachevé, chaque lecteur pouvant, à son gré, tirer des faits qui y sont exposés les conclusions qu'ils lui paraîtraient comporter, et nulle pensée étrangère n'étant autorisée à se substituer à celle de l'auteur. Il a paru, cependant, qu'il pouvait y avoir intérêt à présenter au lecteur un résumé général des faits observés et à faire ressortir les enseignements nouveaux qui s'en dégagent. C'est ce que, déférant au désir qui m'a été exprimé, j'ai cherché à faire dans les pages qui vont suivre, en me conformant, dans la mesure du possible, au plan tracé par l'ami regretté dont la disparition laisse un si grand vide; je le ferai, d'ailleurs, très succinctement, en m'efforçant de laisser parler les faits et en m'abstenant d'entrer dans des considérations où je risquerais de trahir les idées qu'il se proposait de développer à cette place.

Les tableaux ci-contre résument, conformément aux intentions qu'il avait annoncées, les observations relatives à la distribution des espèces dans les différents étages géologiques; mais je me suis abstenu, dans la désignation de ces derniers, de préciser l'attribution, à l'une ou à l'autre des subdivisions du Trias, des couches situées au voisinage immédiat de la limite de celles-ci, et notamment des assises supérieures du Grès bigarré, telles qu'elles se présentent, par exemple, dans les carrières de Merviller-Vacqueville ou de Ruaux : dans les deux premiers fascicules de son travail, M. Fliche les avait rapportées à la base du Trias moyen, se rangeant à une opinion exprimée par Bleicher, mais qui semble n'être plus partagée aujourd'hui par les géologues les plus compétents en la matière, et peut-être avait-il ensuite modifié lui-même sa manière de voir à cet égard, car il s'est borné ultérieurement [1] à indiquer ces localités comme « Grès bigarré » sans reproduire la mention de « Trias moyen ». Ce n'est là, au surplus, qu'une affaire d'accolades, et le classement de ces couches comme « Grès bigarré supérieur » laisse, au

1. Voir *supra*, p. 184, 189, etc.

| ESPÈCES OBSERVÉES | GRÈS BIGARRÉ (sans distinction de niveau) | GRÈS BIGARRÉ supérieur | MUSCHELKALK proprement dit | COUCHES DE PASSAGE du Muschelkalk au Keuper | KEUPER |
|---|---|---|---|---|---|
| **Corps problématiques** | | | | | |
| *Palæophycus triasicus*, n. sp. | | | + | | |
| *Chondrites subprodromus*, n. sp | | | + | | |
| *Spongillopsis triadica*, n. sp | | | + | | |
| — *recurva*, n. sp | | | + | | |
| *Bactryllium canaliculatum* Heer | | | + | | |
| — *minutum*, n. sp | | | | | + |
| **Champignons** | | | | | |
| *Xylomites Clathrophylli*, n. sp | | | | | + |
| **Algues** | | | | | |
| *Rivularites repertus*, n. sp. | | | | | + |
| *Diplopora lotharingica* Benecke | | | + | | |
| *Chordites Lebruni*, n. sp. | | | | + | |
| *Cystoseirites triasicus*, n. sp | | | | + | |
| — sp. | | | | | + |
| *Lomentarites Borneti*, n. sp | | + | | | |
| *Algacites Mougeoti*, n. sp | | | | + | |
| — *rugosus*, n. sp. | | | | + | |
| — *landsburgiæformis*, n. sp. | | | | + | |
| — *simplex*, n. sp. | | + | | | |
| — *arcolatus*, n. sp. | | | | | + |
| **Fougères** | | | | | |
| *Danæopsis marantacea* (Pr.) Heer. | | | | + | |
| *Asterotheca Meriani* (Brgt) Stur | | | | | + |
| *Cladophlebis Gaillardoti* Brgt (sp.). | | | | + | |
| — *rhombifolia* Font., v. *rarinervis* | + | | | | |
| — *linnææfolia* Bunb. (sp.). | + | | | | |
| — *densifolia* Font. v. *stricta*. | + | | | | |
| — sp. | | | | + | |
| *Pecopteris gracilis* Heer. | | | | | + |
| *Anomopteris Mougeoti* Brgt | C | | + | + | |
| *Neuropteridium Voltzii* Brgt (sp.). | + | | | | |
| — *intermedium* Sch. | + | | | | |
| — *elegans* Sch | + | | | | |
| — *imbricatum* Sch. et Moug. | + | | | | |
| *Crematopteris typica* Sch. et Moug | + | | | | |
| *Filicites* sp | + | | | | |

| ESPÈCES OBSERVÉES | GRÈS BIGARRÉ (sans distinction de niveau) | GRÈS BIGARRÉ supérieur | MUSCHELKALK proprement dit | COUCHES DE PASSAGE du Muschelkalk au Keuper | KEUPER |
|---|---|---|---|---|---|
| **TIGES DE FOUGÈRES** | | | | | |
| *Sphallopteris Mougeoti* Sch. et Moug | + | | | | |
| *Caulopteris conchyliensis* n. sp. | | | | + | |
| — *parvisigillata* n. sp. | | | | + | |
| *Rhizomopteris?* | | | | + | |
| **Équisétinées** | | | | | |
| *Equisetum Mougeoti* Brgt (sp.) | CC | | | | |
| — *arenaceum* (Jæg.) Bronn. | | | | + | C |
| — *Mytharum* Heer. | | | | | + |
| — sp | | | + | | |
| *Schizoneura paradoxa* Sch. et Moug | + | | | | |
| — *Meriani* Sch. | | | | + | |
| **Lycopodinées** | | | | | |
| *Pleuromeia* sp | | | | + | |
| *Stigmarites Nicklesi* n. sp | | + | | | |
| *Lepidodendrites tessellatus* Sch. et Moug. | | + | | | |
| *Lesangeana Hasseloti* Moug | + | | | | |
| — *vogesiaca* Sch. (sp.) | + | | | | |
| — *Voltzii* Sch. (sp.) | + | | | | |
| — *micropeltis* Sch. et Moug. | + | | | | |
| **Cordaïtées** | | | | | |
| *Cordaïtes vogesiacus* Sch. et Moug | + | | | | |
| — *Imhofi* Heer. | | | | + | |
| — *Mairii* n. sp. | | | | + | |
| *Artisia triasica* n. sp | | | | + | |
| **Cycadées** | | | | | |
| *Zamites vogesiacus* Sch. et Moug. | + | | | | |
| *Pterophyllum Jægeri* Brgt? | | | | | + |
| — *Hogardi* Sch. et Moug. (sp.) | + | | | | |
| **Salisburiées** | | | | | |
| *Salisburia* sp. | | + | | | |
| **Conifères** | | | | | |
| *Albertia? latifolia?* Sch | + | | | | |
| — *elliptica* Sch. | | + | | | |
| *Strobilites* | | + | | | |

| ESPÈCES OBSERVÉES | GRÈS BIGARRÉ (sans distinction de niveau) | GRÈS BIGARRÉ supérieur | MUSCHELKALK proprement dit | COUCHES DE PASSAGE du Muschelkalk au Keuper | KEUPER |
|---|---|---|---|---|---|
| **Conifères** (*suite*) | | | | | |
| *Voltzia heterophylla* Sch. et Moug | AC | | | + | |
| — *gracilis* n. sp | + | | | | |
| — *walchiæformis* n. sp | + | | | | |
| Feuille d'Abiétinée ? | | | | + | |
| *Coniferocaulon cupressiniforme* n. sp | + | | | | |
| MOELLES DE CONIFÈRES | | | | | |
| *Coniferomyelon conchylianum* n. sp. | | | + | | |
| *Endolepis vogesiaca* Sch. et Moug. (sp.) | + | | | | |
| — *subvulgaris* n. sp | + | | | | |
| BOIS DE CONIFÈRES | | | | | |
| *Dadoxylon ?* sp. | + | | | | |
| *Araucarioxylon Thuringiacum* Born. (sp.) | | | + | | |
| — *Keuperianum* Gœpp. (sp.) | | | | | + |
| — sp | | | + | | |
| *Xenoxylon conchylianum* n. sp. | | | + | | |
| *Cedroxylon Lebruni* n. sp | | | + | | |
| **Incertæ sedis** | | | | | |
| ORGANES FOLIAIRES | | | | | |
| *Clathrophyllum Meriani* Heer | | | | + | AC |
| ORGANES AXILES | | | | | |
| *Agnotocaulon mervillense* n. sp. | | + | | | |
| *Rhabdotocaulon Zeilleri* n. sp | | | | | + |
| *Pœcilitocaulon dubium* n. sp | + | | | | |
| ORGANES FRUCTIFICATEURS | | | | | |
| *Pœcilitostachys Haugi* n. sp | + | | | | |
| *Cordaianthopsis Minieri* n. sp | + | | | | |
| *Annalepis Zeilleri* n. sp. | | | | + | + |

besoin, la question ouverte ; mais il est certain que par leur flore comme par leur constitution lithologique elles se rattachent mieux à celles qui les précèdent qu'à celles qui les suivent. Je n'ai inscrit, d'ailleurs, dans la colonne réservée à ce « Grès bigarré supérieur », que les espèces rencontrées exclusivement dans ces couches, celles qui ont été observées en outre à des niveaux

plus bas étant portées dans la colonne affectée au Grès bigarré sans distinction de niveau.

On voit que, sur les 82 espèces ou formes comprises dans ce tableau, en y comptant les corps problématiques, 38 seulement étaient déjà connues, et 33 sont nouvelles; 9 restent indécises comme attribution spécifique, et 2, un strobile et une feuille de Conifères, sont trop insuffisamment représentées pour pouvoir être classées, fût-ce génériquement, avec quelque certitude.

Ces 82 espèces se répartissent comme suit entre les divers groupes naturels :

| | |
|---|---|
| *Corps problématiques.* | 6, dont 5 espèces nouvelles; |
| *Champignons.* . . . . . | 1 espèce nouvelle; |
| *Algues.* . . . . . | 11, dont 9 espèces nouvelles et 1 indécise; |
| *Fougères.* . . . . . | 19, dont 2 espèces nouvelles (tiges) et 3 indécises; |
| *Équisétinées* . . . . . | 6, dont 5 déjà connues, et 1 indécise; |
| *Lycopodinées.* . . . . . | 7, dont 1 nouvelle et 1 indécise; |
| *Cordaïtées.* . . . . . | 4, dont 2 nouvelles; |
| *Cycadinées.* . . . . . | 3, déjà connues; |
| *Salisb..riées..* . . . . . | 1, indécise; |
| *Conifères.* . . . . . | 17, dont 7 nouvelles et 4 indécises ou insuffisamment représentées; |
| *Incertæ sedis.* . . . . . | 7, dont 1 seule déjà nommée, les 6 autres étant nouvelles, l'une d'elles cependant (*Annalepis*) ayant été déjà observée ailleurs, mais confondue avec d'autres formes. |

Si on laisse de côté les corps problématiques représentés, d'une part, dans le Muschelkalk par 5 types spécifiques dont 4 nouveaux, d'autre part, dans le Keuper par une seule espèce, du genre *Bactryllium,* on constate que c'est le Grès bigarré qui a fourni la plus grande partie de la flore observée et, après lui, le Trias moyen supérieur, c'est-à-dire les couches assimilables à la Lettenkohle. Des 76 espèces ou formes de plantes reconnues, 39 en effet, c'est-à-dire plus de la moitié, ont été recueillies dans le Grès bigarré, dont 8 observées seulement dans le Grès bigarré supérieur; ce total comprend 10 espèces nouvelles dont 4 provenant du Grès bigarré supérieur, et 4 formes d'attribution spécifique indécise, les 17 autres appartenant à des types spécifiques déjà connus; ces 10 formes nouvelles se composent de 2 Algues,

1 Lycopodinée, 3 Conifères, et 4 d'attribution systématique incertaine.

C'est essentiellement dans les gisements lorrains qu'ont été recueillis les éléments de cette flore; quatre espèces seulement n'ont été observées que dans ceux de la Haute-Saône, à savoir : *Cladophlebis rhombifolia, Filicites* sp., *Voltzia gracilis*, et *Cordaianthopsis Minieri;* une seule, *Dadoxylon* sp., vient de la Basse-Alsace, c'est-à-dire d'un point situé en réalité en dehors de la circonscription envisagée.

Au point de vue de la fréquence relative, la plupart des espèces se présentent à peu près toutes dans les mêmes conditions, à l'exception d'un très petit nombre d'entre elles, qui sont communes partout et se sont rencontrées presque sur tous les points où les couches du Grès bigarré ont pu se prêter à des recherches et à des récoltes d'échantillons : ce sont *Anomopteris Mougeoti, Equisetum Mougeoti* et *Voltzia heterophylla,* qui ont été trouvés dans presque tous les gisements de la Lorraine, aussi bien dans ceux de l'ancien département de la Moselle que dans ceux de Meurthe-et-Moselle et des Vosges, comme ils l'avaient été sur le versant alsacien de la chaîne, et qui se retrouvent également dans ceux de Franche-Comté; il faut mentionner encore, comme reconnu dans les uns et dans les autres, bien que plus rare, le *Sphallopteris Mougeoti,* dont il y a lieu de présumer qu'il représente la tige de l'*Anomopteris Mougeoti.*

Toutes les autres espèces se sont montrées très clairsemées, tout en étant inégalement rares; quelques-unes, comme les Algues trouvées dans les carrières de Merviller-Vacqueville, *Lomentartes Borneti* et *Algacites simplex,* sont relativement abondantes sur un point donné et paraissent manquer ou sont très rares ailleurs. Cette inégalité de répartition doit sans doute être attribuée, au moins pour partie, aux conditions originelles d'habitat : pour les Algues, elle peut dépendre de la profondeur à laquelle elles vivaient; quant aux végétaux terrestres, les espèces qui croissaient à proximité, soit du rivage, soit des cours d'eau qui entraînaient les débris végétaux, avaient nécessairement plus de chances de nous être conservées que celles qui occupaient des stations plus éloignées, et c'est ainsi que M. Fliche explique, notamment, la différence de fréquence entre les débris des *Voltzia* et ceux des *Albertia;* il se proposait de déve-

lopper ses idées à ce sujet [1], en s'appuyant sans doute sur les observations qu'il avait pu faire, mais aucune note n'ayant été laissée par lui, je n'essaierai pas d'en dire davantage à cet égard.

Le Muschelkalk proprement dit n'a donné que huit espèces de plantes, ce qui n'a rien de surprenant pour une formation marine : ce sont surtout des bois de Conifères, vraisemblablement flottés, comprenant quatre formes spécifiques, dont deux nouvelles et une imprécise, avec un moule d'étui médullaire, et une Algue du genre *Diplopora;* il est à remarquer que, de ces espèces nouvelles de bois de Conifères, l'une appartient au genre *Xenoxylon,* qui n'avait pas encore été observé à un niveau aussi bas. Les deux autres débris végétaux, portions de penne d'*Anomopteris Mougeoti* et fragment de gaine d'*Equisetum,* constituent à ce niveau des trouvailles exceptionnelles, et d'autant plus intéressantes à noter.

Les couches de passage du Muschelkalk au Keuper, équivalant à la Lettenkohle, ont donné lieu, au contraire, aux environs de Lunéville, à d'abondantes récoltes, et n'ont pas fourni moins de 22 espèces, dont 10 nouvelles comprenant 9 Algues, 2 tiges de Fougères, une feuille et une moelle de Cordaïtes, et des écailles détachées d'un appareil fructificateur (*Annalepis Zeilleri*). De ces 22 espèces, 2 sont communes avec le Grès bigarré (*Anomopteris Mougeoti* et *Voltzia heterophylla*), et 3 avec le Keuper (*Equisetum arenaceum, Clathrophyllum Meriani* et *Annalepis Zeilleri*).

Quant à ce dernier étage, il a fourni 13 espèces, dont 5 nouvelles comprenant 1 Champignon, 2 Algues et deux types d'attribution systématique incertaine. La plupart ont été recueillies dans les assises à lignite du Keuper vosgien, dans les gisements de Norroy, Gemmelaincourt et Suriauville, qui auraient sans doute donné lieu à des récoltes beaucoup plus riches, ce dernier du moins, s'il avait pu être exploré d'une façon tant soit peu suivie au moment de son exploitation; les trouvailles qui y ont été faites donnent lieu de penser que la flore du Keuper lorrain pourra dans l'avenir s'enrichir notablement.

De ces treize espèces, une seule s'est montrée véritablement

---

1. Voir *supra*, p. 106 et p. 192.

commune, l'*Equisetum arenaceum*, qui abonde dans le bassin à lignite en question et qui a été rencontré au même niveau sur d'autres points du département des Vosges, ainsi que dans la Lorraine annexée, à Vic et à Moyenvic, et en Franche-Comté. Les autres sont de fréquence inégale, mais toutes beaucoup plus clairsemées; l'*Annalepis Zeilleri*, l'une des moins rares d'entre elles, a été retrouvée relativement abondante en Franche-Comté; deux autres, *Cystoseirites* sp. et *Asterotheca Meriani*, n'ont été observées que dans cette région, à l'exclusion de la Lorraine; le *Pterophyllum Jægeri* n'a été signalé que dans l'ancien département de la Moselle, et l'*Araucarioxylon keuperianum* qu'à Vic, dans l'ancien département de la Meurthe.

Toutes ces observations constituent d'importantes additions à ce que l'on savait jusqu'ici de la flore du Trias de Lorraine. C'est ainsi que, pour le Grès bigarré, et sans parler des espèces nouvelles, non plus que de celles dont l'attribution spécifique demeure indécise, 10 des 17 espèces antérieurement décrites qui figurent dans le tableau précédent, n'avaient pas encore été signalées en Lorraine, savoir, d'une part : *Neuropteridium Voltzii, N. intermedium, N. elegans, N. imbricatum, Crematopteris typica, Zamites vogesiacus, Albertia latifolia,* que Schimper et A. Mougeot ne connaissaient que des gisements alsaciens, et d'autre part *Cladophlebis rhombifolia, Cl. linnææfolia, Cl. densifolia,* qui n'avaient pas été observées en dehors du Trias des États-Unis.

Pour le Muschelkalk et les couches de passage au Keuper, ainsi que pour le Keuper lorrain lui-même, presque tout est nouveau, les observations antérieures étant restées très peu nombreuses et peu précises, à part les quelques mentions d'espèces dues à Lebrun, à Jacquot et Terquem, à Levallois et au Fr. Ogérien, rappelées par M. Fliche au début de son travail [1], et qui, au surplus, demandaient à être confirmées.

Si intéressantes toutefois que soient ces additions à la flore triasique locale, elles présentent, au point de vue général, un intérêt encore plus grand. Tout d'abord, elles nous révèlent l'existence d'un certain nombre de types nouveaux et ajoutent à nos connaissances sur l'ensemble de la flore triasique : c'est ainsi,

1. Voir *supra*, p. 8 à 11.

notamment, que l'on ne savait rien, ou peu s'en faut, des Algues qui avaient pu vivre à cette époque, et que nous voyons maintenant cette classe représentée par un nombre important de formes, dont une partie au moins semblent offrir avec certains types vivants de remarquables analogies. L'attribution aux Lycopodinées de quelques-unes des tiges du Grès bigarré, habituellement classées jusqu'alors parmi les Fougères, constitue aussi un fait nouveau, de la plus haute importance, et établit entre la flore triasique et les flores paléozoïques des relations jusqu'alors insoupçonnées; le *Stigmarites Nicklesi*, notamment, si semblable aux *Stigmaria* houillers ou permiens, ne laisse aucun doute sur la persistance, pendant une partie de l'époque triasique, de certaines des grandes Lycopodinées arborescentes qu'on croyait avoir disparu dès la fin, sinon dès le milieu de l'époque permienne. Enfin, pour énigmatiques que soient quelques-uns des types d'attribution systématique incertaine trouvés soit dans le Grès bigarré, soit dans le Keuper, et notamment les organes de fructification tels que le *Pœcilitostachys Haugi* et l'*Annalepis Zeilleri*, ils offrent ce grand intérêt, de nous montrer que nous sommes loin encore de tout connaître, et ils posent des problèmes dont il faudra s'efforcer de trouver la solution en multipliant les recherches et en récoltant de nouveaux matériaux.

Il ressort, en outre, des faits constatés une liaison plus étroite qu'on ne le pensait jusqu'ici entre les flores des étages successifs du Trias, particulièrement entre la flore du Grès bigarré et celle du Keuper, la flore terrestre de l'époque du Muschelkalk nous demeurant trop imparfaitement connue pour qu'on puisse se faire, par des observations directes, une idée un peu nette de sa composition. Il est notamment très intéressant de trouver, représentées déjà dans le Grès bigarré, trois espèces de *Cladophlebis* qui n'avaient été observées jusqu'ici que dans le Trias supérieur des États-Unis; si les *Neuropteridium* ne paraissent pas dépasser le Grès bigarré, du moins voit-on l'*Anomopteris Mougeoti* persister à travers le Muschelkalk jusque dans les couches de passage au Keuper équivalant à la Lettenkohle. Il en est de même, parmi les Lycopodinées, des *Pleuromeia*, qu'on n'avait encore rencontrés que dans le Grès bigarré, et, parmi les Conifères, du *Voltzia heterophylla*. Je mentionnerai également, dans le même ordre d'idées, une observation récente de M. E. A. Newell Arber,

qui a retrouvé le *Cordaites vogesiacus* dans le Keuper d'Angleterre (1).

Les matériaux recueillis aux environs de Lunéville dans les couches de passage du Trias moyen au Trias supérieur attestent, d'autre part, une liaison des plus étroites avec la flore de ce dernier étage, conformément, du reste, à ce qu'on savait déjà de la flore de la Lettenkokle : c'est ainsi, en effet, que l'on a pu reconnaître la présence dans ces couches du *Danæopsis marantacea*, du *Cladophlebis Gaillardoti* (*Cl. remota*), de l'*Equisetum arenaceum*, du *Schizoneura Meriani*, du *Cordaites Imhofi*, du *Clathrophyllum Meriani*, de l'*Annalepis Zeilleri*, toutes espèces de la flore du Keuper proprement dit, en même temps que, comme je le disais tout à l'heure, l'*Anomopteris Mougeoti*, le *Pleuromeia* sp., le *Voltzia heterophylla* relient la flore de ces mêmes couches à celle du Grès bigarré.

Enfin, dans le Muschelkalk lui-même, malgré l'insuffisance des documents recueillis, il n'est pas sans intérêt de noter la présence d'un bois de Conifère appartenant au genre *Xenoxylon*, que M. Gothan était porté à considérer comme propre au Jurassique.

La flore du Trias apparaît ainsi comme formant le lien entre les flores paléozoïques qui l'ont précédée, et les flores secondaires qui l'ont suivie, en particulier avec la flore rhétienne, qui n'est guère que la continuation et le développement de celle du Keuper.

Au point de vue des relations avec les flores plus anciennes, nous sommes malheureusement très insuffisamment documentés sur la flore du Permien supérieur, à laquelle correspond une lacune des plus fâcheuses dans nos connaissances, et nous sommes loin même de connaître aussi bien qu'il serait désirable la flore du Grès bigarré : d'importants problèmes restent pendants, touchant notamment les rapports que celle-ci peut avoir avec la flore permienne ou permotriasique de l'Inde, à laquelle on peut se demander si elle n'a pas emprunté, par voie d'émigration, des types tels que les *Neuropteridium*, le *Schizoneura paradoxa* si semblable au *Sch. gondwanensis*, et le *Voltzia heterophylla*, reconnu, à ce qu'il semble bien, dans l'étage indien de Karhar-

1. Dans une note de la page 168, M. Fliche annonçait l'intention de discuter ultérieurement l'interprétation de M. Arber, qui avait tout d'abord rattaché ces feuilles au genre *Zamites*; mais celui-ci a reconnu depuis lors (*Geol. Magazine*, jan. 1909, p. 11-14) qu'il s'agissait bien là de feuilles simples, du type des Cordaites, de sorte qu'il n'y a plus lieu de discuter son opinion première.

bari; mais ce sont là des points sur lesquels la lumière ne pourrait être faite que par des récoltes portant sur des gisements intermédiaires à la fois comme âge et comme situation géographique entre ceux de l'Inde et ceux de l'Europe, et il serait peut-être téméraire d'espérer obtenir jamais une réponse à une telle question.

Si l'on s'en tient aux flores paléozoïques de type européen, on voit que, tandis que la plupart des formes végétales qui les caractérisent semblent n'avoir pas dépassé la fin de la période primaire, aucun représentant n'en ayant été observé jusqu'ici dans les couches triasiques même les plus inférieures, un certain nombre d'autres, au contraire, ont persisté jusque dans le Trias. Tels sont, notamment, les *Asterotheca,* qui se sont maintenus jusque dans le Rhétien, et les Cordaïtées, qu'on avait crues longtemps absentes de la flore secondaire, et qui, en réalité, s'y sont continuées longtemps, peut-être jusqu'à l'époque crétacée; telles sont également, et c'est là, je l'ai dit, l'un des faits capitaux établis par M. Fliche, les grandes Lycopodinées arborescentes, représentées dans le Grès bigarré par le *Lepidodendrites tessellatus* et le *Stigmarites Nicklesi,* sans parler des *Lesangeana,* d'attribution plus douteuse et qui, d'ailleurs, semblent appartenir en propre à l'époque triasique, puisqu'ils n'ont pas apparu plus tôt et qu'ils n'ont pas dépassé l'époque rhétienne. Il est intéressant de trouver ainsi, dans le Trias, ces grandes Lycopodinées associées aux *Pleuromeia,* par lesquels elles semblent se relier aux Isoétées, c'est-à-dire aux types de la flore actuelle qui leur sont le plus étroitement alliés, les *Nathorstiana,* récemment découverts par M. P. Richter dans l'Infracrétacé du Hartz, paraissant constituer, en outre, entre les Isoétées et les *Pleuromeia,* un chaînon intermédiaire digne d'être noté.

Inversement, diverses formes de la flore secondaire, qui commencent à se développer dans le Trias, semblent pouvoir être rattachées à des formes plus anciennes, entrevues dans la flore permienne ou même dans la flore houillère. Ainsi les *Cladophlebis,* que les découvertes faites en Lorraine montrent avoir été déjà assez répandus et assez variés à l'époque du Grès bigarré, paraissent avoir des rapports avec certains types permiens, M. Potonié ayant observé dans la flore permienne de Thuringe un fragment de penne qui paraît bien appartenir au type du *Clad.*

*tenuis,* et qui représenterait l'une des premières formes de ce groupe générique qui a joué un si grand rôle dans la flore secondaire. On trouve de même à la fin de la période carbonifère de grandes Équisétinées qui semblent pouvoir être rapportées déjà au genre *Equisetum,* comme l'*Eq. Monyi* du Stéphanien supérieur de Commentry, et auxquelles se rattacheraient alors naturellement les grands *Equisetum* de la flore triasique, tels que *Eq. Mougeoti* et *Eq. arenaceum.*

Parmi les Cycadinées, les *Pterophyllum,* qui se montrent dans le Grès bigarré et qui prendront un si grand développement dans le Keuper, apparaissent, eux aussi, à la fin de l'époque houillère, sous des formes telles que *Pter. Fayoli* et *Pter. Grand'Euryi,* tandis que le genre *Zamites* semble apparaître pour la première fois dans le Trias inférieur avec le *Zamites vogesiacus,* si tant est du moins que cette espèce doive réellement lui être attribuée.

Pour les Conifères, les rapports des formes triasiques avec les formes antérieures sont plus difficiles à apprécier, étant donné le peu qu'on sait de la constitution des appareils fructificateurs des unes et des autres et le peu de valeur des identifications génériques fondées seulement sur les caractères des rameaux feuillés. Toutefois, le genre *Voltzia* a été nettement reconnu dans le Permien d'Europe, et les formes triasiques de ce genre ne doivent être que la continuation des formes permiennes, plus ou moins modifiées.

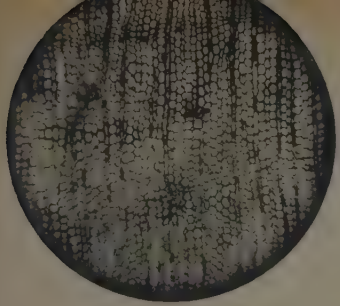
Durant l'époque triasique, la flore a subi, d'ailleurs, des modifications assez importantes, consistant notamment dans la disparition d'un certain nombre de types, tels que les *Neuropteridium,* les grandes Lycopodinées, les *Albertia,* tandis que d'autres, comme les *Cladophlebis* et les *Pterophyllum,* allaient en se multipliant et en se diversifiant de plus en plus. Les *Schizoneura* à feuilles soudées faisaient place aux *Schizoneura* à feuilles libres, récemment élevés par M. T. Halle au rang de genre sous le nom de *Neocalamites* et destinés à se prolonger dans le Rhétien. On voit, en outre, dans la flore du Keuper, s'introduire des types nouveaux, comme les Fougères à grandes frondes pédalées, *Clathropteris* et *Dictyophyllum,* qui formeront un des traits principaux de la flore rhétienne.

Ainsi constituée, la flore du Keuper se montre très étroitement alliée à celle du Rhétien, qui, comme je l'ai déjà dit, n'en est

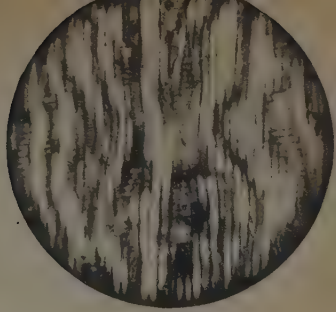
pour ainsi dire que la continuation, mais qui s'en distingue cependant par la présence d'un certain nombre de types non encore observés dans la flore triasique, tels, par exemple, que les *Pterozamites,* les *Anomozamites,* les *Nilssonia* parmi les Cycadinées, les *Palissya* et les *Stachyotaxus* parmi les Conifères. Mais, sauf l'apparition du genre *Xenoxylon* dans le Muschelkalk, les gisements lorrains n'ont, au point de vue de cet enrichissement de la flore dans les étages supérieurs du Trias et de ses relations avec la flore rhétienne et les flores subséquentes, fourni aucun renseignement nouveau, de sorte qu'il n'y a pas lieu d'insister davantage sur ce sujet.

Ce que j'ai dit, notamment, des relations de la flore du Grès bigarré, d'une part avec la flore paléozoïque, d'autre part avec les flores des étages suivants du Trias, suffit à montrer le haut intérêt des observations de M. Fliche, et l'importance des additions à nos connaissances dont nous lui sommes redevables nous fait sentir plus douloureusement encore la grandeur de la perte qu'a faite en lui la Paléobotanique.

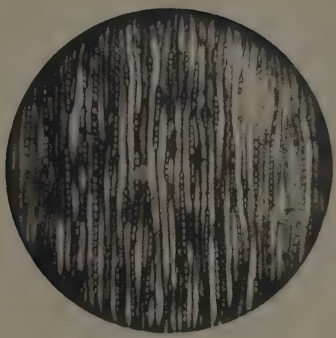
---



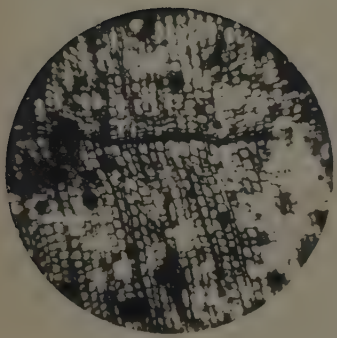
1



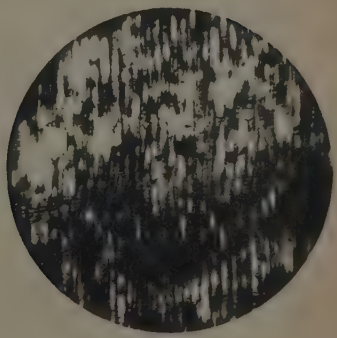
2

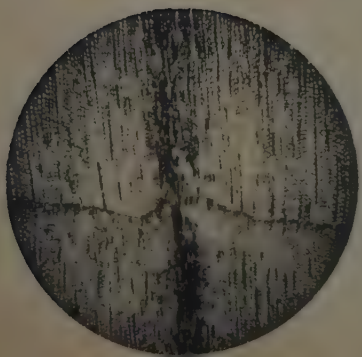


3

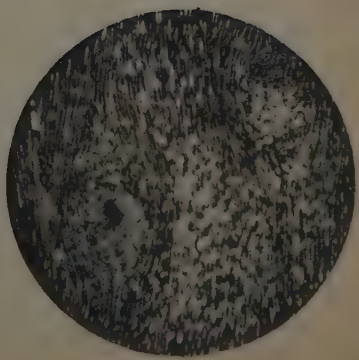


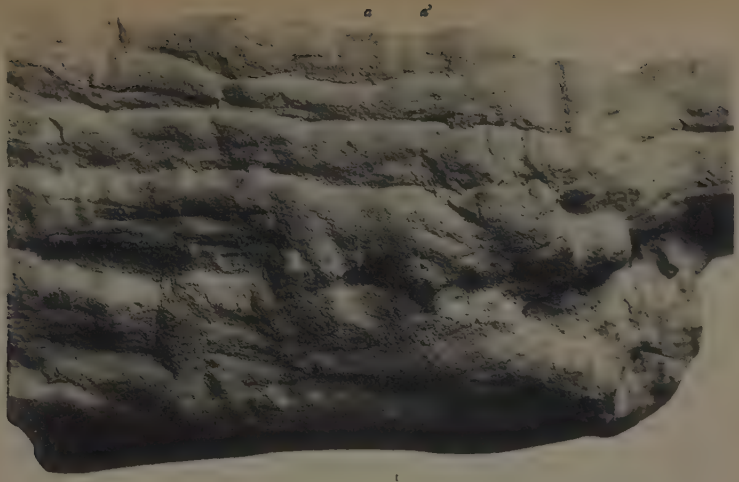
4



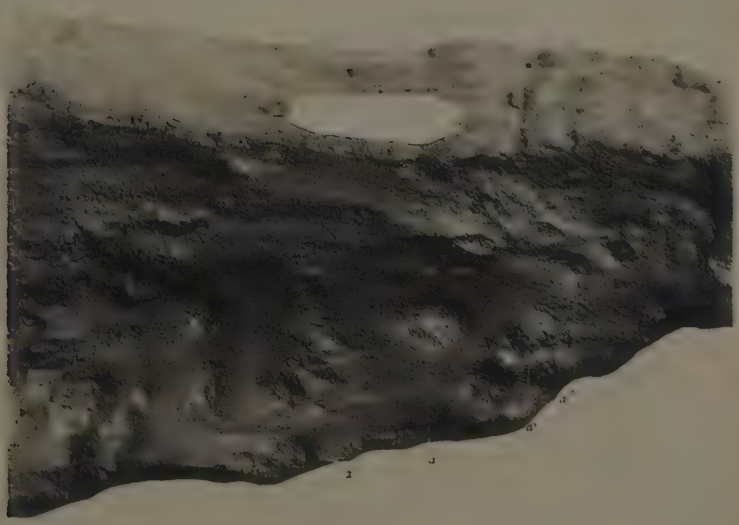


a'





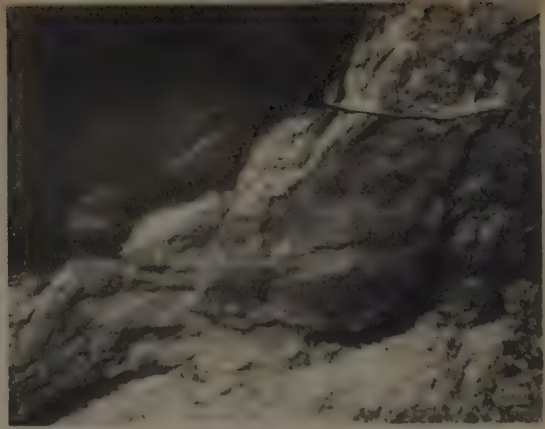

1



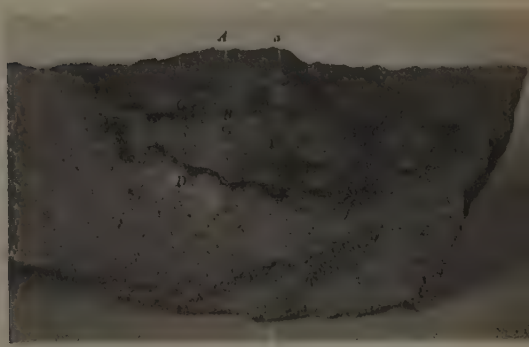

2

3

1



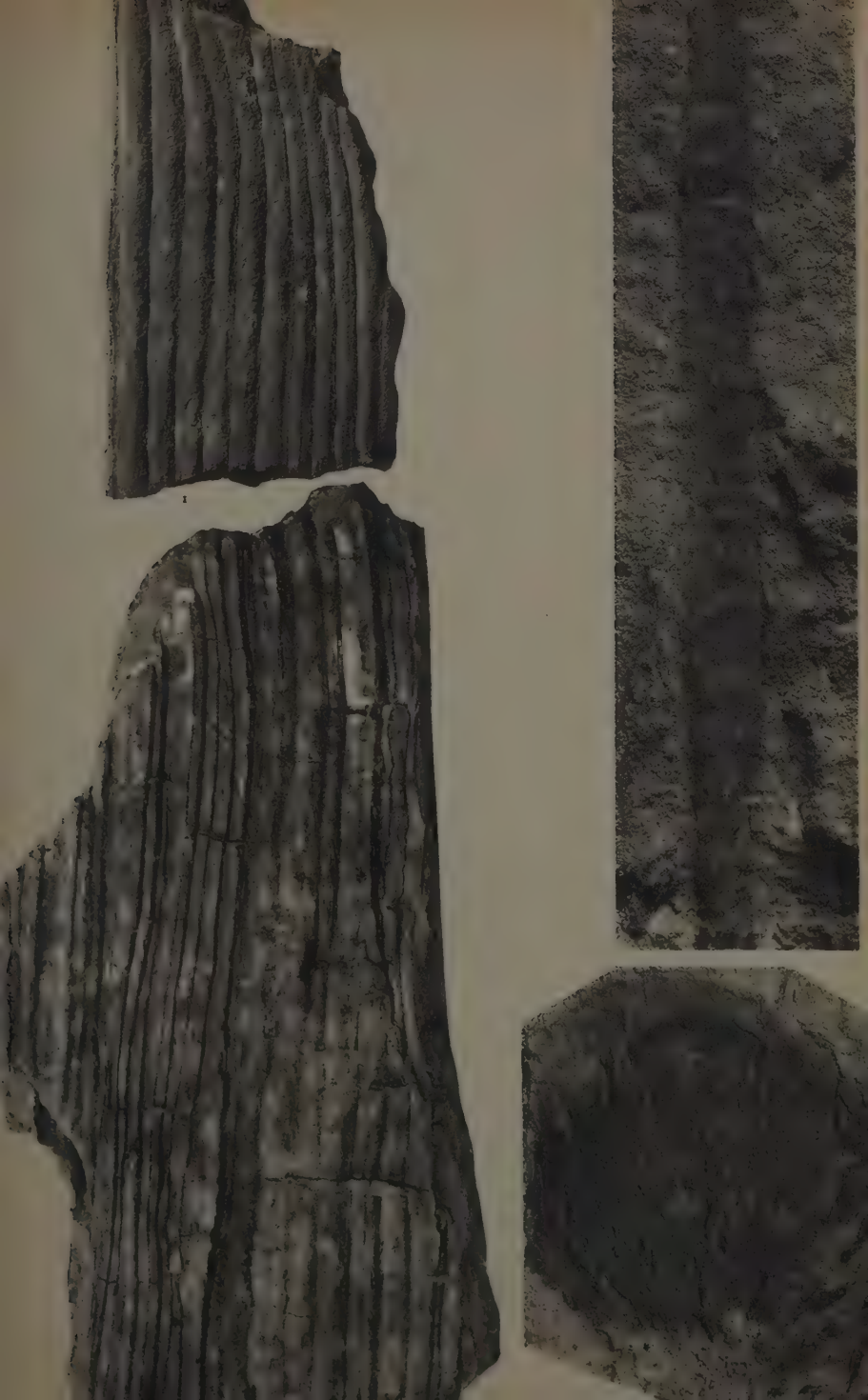
2




4

3

5



# LES
# CONIDIOSPORÉS

par M. Paul VUILLEMIN

## INTRODUCTION

La classification des Champignons est parvenue à une grande perfection depuis la découverte des phénomènes sexuels qui tiennent sous leur dépendance les organes reproducteurs appelés fructifications supérieures.

A côté des espèces ordonnées d'après leur forme parfaite, il reste une foule de Champignons hors cadre, connus seulement sous les formes dites imparfaites. Il importe de les distinguer, de les déterminer, de préciser leurs relations de parenté, car ce sont souvent les plus importants comme agents de fermentations ou de maladies des plantes, des animaux et de l'homme.

A défaut de fructifications supérieures primant les autres caractères, nous ne pouvons les classer que d'une façon imparfaite. C'est comme si nous ignorions les métamorphoses des Insectes et qu'il nous faille classer les Chenilles et autres larves. Nous pourrions bien séparer les larves des Papillons de celles des Coléoptères, et, d'après des caractères liés au régime herbivore ou carnassier, constituer des groupements assez analogues aux familles naturelles fondées sur la comparaison des Insectes ailés. Néanmoins, ces classements garderaient un caractère provisoire, parce que nous savons que toute larve vient d'un Insecte adulte et que, sauf accident, elle fera retour à la forme sexuée.

Nous n'avons pas la même certitude en ce qui concerne les

Champignons imparfaits. Ils se propagent indéfiniment au moyen de spores isolées ou faisant partie de fructifications accessoires plus ou moins compliquées. On peut hésiter à considérer l'absence de forme parfaite comme primitive, ou, si elle est secondaire, comme définitive ; mais ne possédant pas le moyen d'en provoquer à coup sûr l'apparition, il faut bien nous en passer.

Les caractères dont nous disposons n'ont pas la valeur absolue attribuée à ceux qui sont liés à la sexualité. Nous ne sommes pas en droit de leur assigner des rangs dans une hiérarchie répondant aux affinités sur lesquelles reposent les systèmes dits naturels. Leur choix pourtant n'est pas livré au hasard ou au caprice.

Lorsque la fructification accessoire forme des conceptacles creux (*Sphæropsidales*) ou des réceptacles étalés (*Melanconiales*), tapissés de filaments sporifères serrés à la manière d'un hyménium, nous avons tout lieu d'y voir un indice d'affinité avec les Ascomycètes, d'autant plus que la structure du thalle, les modifications spéciales en rapport avec le parasitisme, rattachent souvent le Champignon qui en est pourvu à des ordres, à des familles de cette classe. Nous les laisserons dans le groupe des Deutéromycètes de M. Saccardo, les considérant comme des types dégradés de Champignons définis par les fructifications supérieures.

Les remarques qui vont suivre s'appliquent plus particulièrement aux *Hyphales,* dont les fructifications accessoires sont réduites aux spores isolées ou groupées sur des filaments isolés ou fasciculés, dont les affinités ne ressortent pas d'un ensemble suffisant de caractères directement comparables à ceux des espèces rangées dans la classification générale des Champignons.

Le système actuellement en vogue divise les Hyphales en quatre ordres : Mucédinées, Dématiées, Stilbellacées [1] et Tubercularia-cées. Les deux premiers ordres réunissent toutes les espèces dont les spores sont portées sur des filaments disséminés, hyalins (Mucédinées) ou fuligineux (Dématiées). Les Stilbellacées sont caractérisées par des sporophores réunis en bouquet (*coremium*), les Tubercularia-cées par des sporophores groupés en coussinet (*sporodochium*). Basé sur les apparences les plus superficielles,

---

[1] Le nom de *Stilbellacées* doit être substitué à celui de *Stilbacées,* depuis que M. Juel a démontré que le type du genre *Stilbum* est un *Basidiomycète* et que le nom de *Stilbella* est donné aux anciens *Stilbum* laissés dans les Hyphales.

ce sectionnement permet de mettre sans grand effort des étiquettes sur la plupart des formes qui se présentent.

Malgré sa simplicité et son emploi commode, ce classement empirique est insuffisant dans la pratique. Une même espèce offre successivement des états rapportés à plusieurs familles. Ou bien, selon les conditions du milieu alimentaire, elle donne, soit le type Mucédinée, soit le type Stilbellacée, soit le type Tuberculariacée. Tel parasite redouté sous sa forme de Mucédinée défiera la sagacité des praticiens et sera considéré comme une espèce inoffensive, lorsqu'il revêt le masque d'une famille différente. Il est donc indispensable, au point de vue purement utilitaire, comme au point de vue philosophique, de chercher des points d'appui solides. Nous en trouverons dans un examen morphologique attentif.

Analysons une fructification accessoire indépendante de la sexualité, isolant des organes capables de multiplier le Champignon à la façon d'une bouture ou d'un propagule. L'élément multiplicateur, généralement réduit à une cellule, est la spore, au sens vulgaire et très large du mot.

Toutes les spores accessoires n'ont pas la même origine prochaine. Le nom de conidies sera réservé aux spores distinctes de l'appareil végétatif dès leur première apparition. Nous en séparons les thallospores et les hémispores. Les thallospores ont d'abord fait partie de l'appareil végétatif ou thalle; elles s'adaptent aux fonctions disséminatrices et conservatrices d'une façon secondaire et parfois incomplète. Elles comprennent les blastospores, les arthrospores et certaines chlamydospores. Les blastospores sont des globules arrondis, analogues aux levures, nés par bourgeonnement (βλάστη, bourgeon) du sommet ou du pourtour de filaments tantôt longs, tantôt réduits eux-mêmes à des globules. Leur séparation, qui les rend aptes à multiplier et à disperser le Champignon à la façon des spores, n'arrête pas nécessairement leur activité végétative.

Les arthrospores sont des fragments provenant de la désarticulation des filaments végétatifs. Coupés carrément à l'origine, ces tronçons peuvent s'arrondir et épaissir leurs parois. On peut voir une variété d'arthrospores dans les chlamydospores, terminales ou intercalaires, qui, sans s'isoler, se distinguent des éléments actifs par un phénomène d'enkystement et d'accumulation de

réserves nutritives. Leur formation épuise le filament délicat auquel elles survivent.

Les hémispores s'opposent d'abord au thalle, mais moins complètement que les conidies. Demeurées en place, elles poursuivent leur végétation et finissent par se morceler en spores fonctionnelles ou deutéroconidies.

On peut supposer que les thallospores et les hémispores rappellent les étapes phylogénétiques qui ont abouti à l'opposition complète de l'organe reproducteur accessoire au thalle dont il dérive, opposition réalisée dans la conidie.

En laissant de côté toute hypothèse, nous distinguons dans les spores accessoires trois degrés de différenciation permettant de diviser les Hyphales en trois classes : I. Classe des Thallosporés, subdivisée en Blastomycètes et Arthromycètes; II. Classe des Hémisporés; III. Classe des Conidiosporés. Nous nous occuperons ici de cette dernière.

---

## PREMIÈRE PARTIE

### Définition et division des Conidiosporés

---

#### I — LA CLASSE DES CONIDIOSPORÉS

La conidie vraie, distinguée des thallospores et des hémispores, est un élément d'une grande fixité, ne le cédant en rien, par la constance de ses caractères, aux spores des fructifications liées à la sexualité. C'est habituellement une cellule typique avec un noyau, une membrane dont l'épaisseur et l'ornementation sont régulières dans chaque espèce. La forme et les dimensions des conidies varient dans des limites restreintes, abstraction faite d'un dimorphisme assez fréquent. Dans ce dernier cas, on basera la classification sur le type le plus compliqué d'appareil conidien.

Chez quelques espèces telles que l'*Aspergillus glaucus,* la conidie renferme plusieurs noyaux. Les filaments de divers ordres sont également plurinucléés. Il s'agit alors d'une modification secondaire de la structure cellulaire ou apocytie.

Souvent les conidies, au lieu de rester simples, sont cloisonnées. Des conidies simples ou amérosporées, M. Saccardo distingue les conidies didymosporées, munies d'une cloison trans-

versale, phragmosporées, qui en ont plusieurs, scolécosporées, qui en ont beaucoup, dictyosporées, qui sont cloisonnées dans plusieurs directions. A cet égard, les conidies ne se distinguent pas des ascospores. Nous notons même la coexistence d'ascospores et de conidies didymosporées chez le *Didymosphæria brunneola* Niessl, phragmosporées chez le *Gibberella pulicaris* (Fr.) Sacc., le *Pseudovalsa Betulæ* (Schum.) Schr., dictyosporées chez le *Pleospora herbarum* (Pers.) Rab., etc. Nous en concluons que le cloisonnement des spores est indépendant de la dignité de la fructification ; c'est l'indice d'une reprise anticipée de la végétation avant l'isolement des spores. Ce caractère est d'une grande fixité dans l'espèce, puisqu'il intéresse des spores différentes par leur origine ; mais c'est un caractère secondaire de l'organe reproducteur ; sa dignité systématique est subordonnée à celle de la fructification en général, de l'appareil conidien en particulier.

Comme toutes les spores, les conidies offrent une grande variété de coloration qui siège notamment dans la membrane. La couleur des spores a joué un grand rôle dans la classification des Champignons. Ce rôle est d'autant plus important qu'on s'adresse à des groupes plus pauvres en caractères importants et facilement utilisables. On en tire à peine des caractères de genre chez les Basidiomycètes, de tribu chez les Sphæropsidales et les Melanconiales. C'est seulement chez les Hyphales qu'on a voulu y trouver des caractères de famille. Ce caractère qui, dans tous les cas, n'a qu'une valeur de circonstance, doit rester subordonné à ceux de l'appareil conidien.

Il faut tenir compte aussi du nombre de conidies qui naissent en un même point à l'extrémité des axes ou des rameaux, soit simultanément, soit successivement. Quand le filament n'est pas épuisé par la production d'une seule conidie, diverses éventualités peuvent se réaliser. Dans les cas extrêmes, ou bien les conidies se dispersent au fur et à mesure de leur formation, en sorte que chaque filament en porte une seule, ou bien elles naissent régulièrement en progression basipète et forment des chapelets plus ou moins longs, plus ou moins persistants. Entre ces deux extrêmes, on trouve des conidies maintenues en amas par une substance agglutinante. Ces caractères fournissent de bonnes distinctions qui ne dépassent pas la valeur générique.

## II — DIVISION DE LA CLASSE DES CONIDIOSPORÉS EN QUATRE ORDRES

La conidie vraie qui caractérise la classe est, tantôt isolée sur le thalle ou appareil végétatif, tantôt portée sur un appareil conidien différencié de bonne heure et préparant sa formation. La première condition est réalisée dans l'ordre inférieur de la classe, ordre des *Sporotrichés,* où il n'existe que des spores (σπορά) et des filaments (θριξ), sans aucun intermédiaire entre l'appareil végétatif et la conidie.

Quand il existe un appareil conidien, les spores sont portées sur un axe simple ou diversement ramifié, se distinguant du thalle comme une hampe florale ou un axe d'inflorescence se distingue des tiges feuillées, c'est-à-dire par sa direction, sa consistance, sa couleur, son mode de ramification. Les filaments spécialisés comme support des conidies forment le sporophore.

On a maintes fois utilisé la diversité d'aspect des sporophores dans la classification des Hyphales. Mais souvent l'appareil conidien n'a pas été mieux distingué de l'appareil végétatif que la conidie ne l'a été des thallospores. On a surtout apprécié le degré de complication des sporophores, simples ou ramifiés en grappe, en verticilles, etc., leur forme cylindro-conique ou renflée au sommet ou aux nœuds. Mais on a négligé des caractères beaucoup plus fixes, marquant divers degrés de différenciation morphologique.

Que le sporophore soit simple ou ramifié, l'axe qui sert de support immédiat à la conidie, c'est-à-dire le sporophore tout entier dans le premier cas, le rameau de l'ordre le plus élevé dans le second, présente chez un grand nombre d'espèces, une structure particulière qui l'oppose aux filaments végétatifs et même aux branches précédentes du sporophore, plus complètement que celui-ci ne s'oppose au thalle. Cet élément, isolé à sa base par une cloison, a la forme d'une bouteille avec un ventre plus ou moins renflé et un col plus ou moins effilé. On l'a bien souvent décrit dans les diagnoses de genres et d'espèces sans songer à lui assigner la place qu'il mérite dans la classification. Jusqu'en ces derniers temps, les auteurs, jugeant superflu de créer pour lui un néologisme, lui appliquaient les noms de baside ou de stérigmate, dénaturant ainsi le sens si précis que ces

termes ont pris dans la description des Basidiomycètes et créant les plus regrettables confusions. J'ai désigné [1] l'élément différencié en forme de bouteille qui porte les conidies, sous le nom de phialide (φιάλη, *phiala,* fiole ou flacon). Le sporophore terminé par des phialides devient un phialophore.

Les espèces dont le sporophore est dépourvu de phialides constituent l'ordre des *Sporophorés*. Quand la différenciation du sporophore s'élève jusqu'à la formation des phialides, on est en présence d'un ordre plus élevé, celui des *Phialidés*.

La progression du sporophore s'élève parfois à un degré plus haut encore. Dans quelques Hyphales, la naissance des phialides est préparée par l'individualisation d'un article de forme et de structure spéciales sur le trajet ou au sommet du phialophore simple ou de son dernier rameau. Cet article constitue la prophialide. Tantôt la prophialide est simple et isolée, tantôt il se forme plusieurs prophialides superposées, tantôt enfin la prophialide se cloisonne transversalement avant l'apparition des phialides. La présence des prophialides caractérise l'ordre supérieur des Conidiosporés, que nous nommons ordre des *Prophialidés*.

### III — DIVISION DES QUATRE ORDRES DE CONIDIOSPORÉS EN FAMILLES

L'ordre des Sporotrichés comprend une seule famille. La conidie, qui représente à elle seule la fructification, peut être simple ou cloisonnée ; ces différences serviront à diviser en tribus la famille des Sporotrichacées. La conidie est hyaline ou fuligineuse. Elle peut reposer directement sur le trajet ou au sommet d'un filament végétatif non modifié ou provoquer le soulèvement d'une excroissance ou denticule à son contact, une hypertrophie locale allant jusqu'à simuler une tête ou un nœud quand les conidies naissent en grand nombre en des points rapprochés. L'appareil végétatif, de son côté, peut être, selon les espèces, délicat ou muni de membranes épaisses et fuligineuses. Ce sont là des caractères utilisables dans la distinction des genres et des espèces, non des familles. Nous donnerons plus loin un exemple qui montre ces diverses complications apparaissant au cours du développement d'un seul Champignon.

---

[1] Vuillemin, *Matériaux pour une classification rationnelle des* Fungi imperfecti *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. CL, p. 882-884, 4 avril 1910).

Les trois autres ordres seront partagés en familles d'après la constitution des sporophores. Les sporophores sont simples ou composés. Nous considérons comme composés les sporophores présentant une ramification régulière et habituelle dans les bonnes conditions de développement. La ramification des espèces à sporophores composés fait seulement défaut par suite d'épuisement ou de faiblesse et n'est troublée que par des circonstances accidentelles, liées, par exemple, à une alimentation défectueuse. On ne confondra pas la ramification régulière avec l'apparition de rameaux adventifs, tels qu'il s'en forme fréquemment, par exemple chez le *Sterigmatocystis nidulans*. Nous distinguons de la ramification qui multiplie le nombre des unités associées dans un sporophore, les partitions qui divisent, par dichotomie, polytomie, etc., l'axe ou les rameaux d'ordres divers. En d'autres termes, le sporophore simple, les éléments du sporophore composé peuvent être entiers ou divisés. Cette dernière condition joue un rôle secondaire dans la classification des Hyphales.

Aux axes et aux rameaux cylindriques ou cylindro-coniques, nous opposerons ceux qui présentent de notables renflements, soit terminaux, soit intercalaires, comme les *Aspergillus* ou les *Gonatobotrys*.

L'absence de ramification régulière ou sa présence avec ses modes variés, la présence ou l'absence de renflements de forme stable, nous fournissent les éléments nécessaires à la caractéristique des familles dans l'ordre des Sporophorés.

Les ramifications régulières répondent aux types distingués dans la ramification des Phanérogames et notamment de leurs inflorescences. Il existe des sporophores définis et des sporophores indéfinis. Les premiers sont des cimes unipares (*Monopodium, Stachybotrys alternans*), bipares (*Streptothrix* Corda, *Gonytrichum* Nees), etc. Les seconds sont des grappes pouvant passer au corymbe, des verticilles passant à l'ombelle, ou, en se contractant davantage, aux capitules qui se confondent avec les renflements terminaux.

Les sporophores présentent d'autres différences qui ne peuvent intervenir que pour distinguer des genres ou des espèces. Le plus souvent homéomorphes, ils sont parfois hétéromorphes, par suite d'un mélange aux filaments fertiles, de rameaux stériles jouant le rôle d'appendices protecteurs, de stolons, de

crampons, de vrilles, ou de rameaux donnant des thallospores et notamment des chlamydospores. Le cloisonnement des sporophores n'a qu'une importance secondaire, car il varie sous des influences d'ordre mécanique. La pluralité des noyaux dans chaque segment, comme dans les conidies, relève de circonstances également secondaires.

Pour la distinction des familles, les Phialidés n'offrent pas d'autres éléments que les Sporophorés, car la phialide est uniforme ou susceptible de variations ne dépassant pas la valeur spécifique.

Les Prophialidés offriront, outre la ramification du sporophore, la structure de la prophialide, susceptible de fournir de bonnes distinctions familiales (type simple et cortiqué des *Urophiala,* type cloisonné à membranes minces des *Coemansia*).

Les caractères des conidies, simples ou cloisonnées, dont M. Saccardo a su tirer un excellent parti pour caractériser les groupes supérieurs, seront pris en considération pour définir des tribus dans les familles fondées sur les caractères des sporophores.

C'est seulement pour les subdivisions ultimes, que l'on peut faire intervenir, dans une classification rationnelle, la couleur et la cortication des thalles et des conidies, qui distinguaient les Mucédinées des Dématiées (ordres ou familles dans divers ouvrages de systématique). Les formes agrégées, Stilbellacées et Tubercularlacées, ont moins d'importance encore, dès qu'il s'agit d'espèces dont la structure est suffisamment analysée.

Nous convenons qu'une foule d'espèces ne répond pas encore à cette condition. Par conséquent, les groupes empiriques actuellement en honneur rendront encore d'excellents services, à condition qu'on ne leur demande pas de nous renseigner sur les affinités.

La valeur des caractères servant à définir les quatre ordres des Sporotrichés, Sporophorés, Phialidés et Prophialidés ressort de leur fixité et contraste avec l'inconstance des apparences superficielles sur lesquelles on a fondé jusqu'ici les familles des Hyphales.

Nous la ferons ressortir par l'étude de quatre espèces nouvelles, rentrant respectivement dans chacun des ordres de Conidiosporés, et par leur comparaison avec d'anciennes espèces

présentant des affinités avec elles. Nous prendrons comme exemple de Sporotriché le *Rhinocladium Lesnei,* comme exemple de Sporophoré l'*Acremonium Potronii,* comme exemple de Phialidé le *Septoria Aphodii,* enfin comme exemple de Prophialidé l'*Urophiala mycophila.*

---

## DEUXIÈME PARTIE

### Description d'un type de chaque ordre de Conidiosporés

---

#### *I — Rhinocladium Lesnei* Vuill. sp. nov.

(Planche I)

Je dois cette espèce à l'obligeance du Dr Lesné, médecin des hôpitaux de Paris, à qui je la dédie. La première culture avait été isolée à Madagascar du pus extrait du pied d'un Malgache atteint de mycétome ou pied de Madura. On sait que ce tableau clinique se réalise en présence de Champignons divers.

Dans les cultures, on observe un grand nombre de conidies insérées sans ordre sur la périphérie ou au sommet de filaments rampants ou légèrement redressés (fig. 1, 2), ce qui est le type habituel des Sporotrichés. Sous cette forme, le Champignon ressemble à l'espèce connue des médecins français sous le nom de *Sporotrichum Beurmannii.* Comme ce dernier d'ailleurs, il s'éloigne du genre *Sporotrichum* s. str. par la couleur fuligineuse qui, des spores, s'étend souvent aux filaments et par une modification de ces derniers qui envoient au point d'insertion de la conidie un prolongement persistant sous forme de denticule après la déhiscence. Ce double caractère rattache l'espèce de M. Lesné, comme celle de M. de Beurmann, au genre *Rhinocladium.*

Le *Rhinocladium Lesnei* se distingue du *Rhinocladium Beurmannii* (Matr. et Ramond) par la forme allongée et les dimensions des conidies (fig. 9) variant de 4 à 11 μ de long sur 2,4 à 4 μ de large (moyenne 4-7 × 3-3,5) et prolongées par un pédicelle de 0,3 à 2,6 de long sur 0,6 à 0,9 de large. Celles du *Rh. Beurmannii* sont subsphériques à la maturité, très brièvement pédicellées, n'atteignant pas 3×5 avant la germination.

L'appareil végétatif subit, au voisinage des spores, des modifi-

cations variées qui rappellent les divers types de fructification d'après lesquels on a défini des familles parmi les Hyphales.

A. *Apparence de Botrytidée.* — Dans les touffes un peu denses, les filaments se redressent à l'extrémité et les spores s'accumulent au voisinage du sommet. Si l'on examine séparément les portions ascendantes, on y distingue une ramification en grappe dont les branches se terminent par des renflements irréguliers chargés de conidies (fig. 3). Un tel aspect diffère à peine de l'appareil conidien du *Botrytis cinerea* Pers. (*Botrytis vulgaris* Fr.). Et pourtant nous ne sommes pas en droit de le rattacher aux Sporophorés, attendu que, d'une part, la portion ascendante du filament se continue sans démarcation avec la portion rampante, que, d'autre part, la localisation terminale des conidies se relie par des transitions insensibles à leur insertion désordonnée sur toute la surface des filaments.

B. *Apparence d'Œdocéphalée.* — Un examen superficiel conduirait à inscrire au voisinage des *Œdocephalum* ou des *Acrotheca* qui en représentent la forme dématienne, des états dans lesquels le report de conidies nombreuses au sommet provoque le renflement en tête arrondie de la portion fertile (fig. 4).

C. *Apparence de Gonatobotrytidée.* — Si la formation d'une tête n'épuise pas la vitalité du filament et que la croissance reprenne au delà du renflement sporifère, on aura une série de boules fertiles intercalées comme des nœuds entre les portions cylindriques et stériles. En un mot, les conidies provoquent dans les filaments végétatifs l'aspect des appareils conidiens caractéristiques du genre *Gonatobotrys* ou de son pendant fuligineux *Gonatobotryum* (fig. 5).

Nous venons de relever dans un seul Sporotriché, isolé en culture pure, une série de modifications réalisant, d'une façon plus ou moins apparente, les types qui, en se fixant dans les fructifications, ont fourni la caractéristique des familles les plus diverses de Sporophorés (Mucédinées et Dématiées).

D. *Apparence de Stilbellacée.* — De nouvelles complications résultent de l'association des filaments végétatifs ascendants en faisceaux, tantôt lâches comme dans les *Coremium*, tantôt serrés comme dans un *Graphium*.

Dans les faisceaux lâches, les filaments enlacés sont stériles.

Ils se maintiennent dressés tant qu'ils restent courts, se soutenant entre eux et se consolidant par des anastomoses. Ils peuvent s'épuiser en se terminant chacun par une tête chargée de conidies vers le sommet de la colonne. Dès qu'ils s'allongent, ils retombent sous le poids, et émettent tout autour et plus particulièrement vers l'extrémité, de courtes branches simples ou ramifiées, continues ou pourvues de rares cloisons. Chaque rameau se termine par une tête arrondie ou irrégulièrement allongée, hérissée de denticules sporifères (fig. 6). Ces états rappellent le genre *Basidiella* Cooke ou le genre *Graphiopsis* Bainier.

Quand le faisceau de filaments stériles constitue une colonne dense, rigide, un stipe en un mot, toutes les spores sont rejetées au sommet. Chaque ramuscule terminal porte une conidie unique. On a dès lors une fructification qui, considérée isolément, aurait été rangée sans hésitation dans l'ordre des Stilbellacées et dans le genre *Graphium* (fig. 7). Cet aspect est si aberrant pour un Sporotriché, que nous hésiterions à le rattacher au *Rhinocladium Lesnei,* que nous songerions plutôt à un mélange d'espèces, si, d'une part, les conidies n'y avaient gardé les caractères habituels, si, d'autre part, nous n'avions constaté sûrement la continuité entre les filaments qui forment le stipe du *Graphium* et les tubes épars qui, détachés de la base, restent diffus et portent, vers leur sommet, des denticules irrégulièrement disposés et servant de support à autant de conidies (fig. 8).

*Développement de la forme* Graphium *du* Rhinocladium Lesnei. — Les nombreux filaments juxtaposés qui constituent le stipe procèdent d'un petit nombre de tubes mycéliens ramifiés dès la base. Dans une colonne haute d'un tiers de millimètre sur un calibre de 7 μ environ, nous avons pu suivre tous les filaments jusqu'à leur origine et y reconnaître les branches d'un tube mycélien unique (fig. 8). Celui-ci forme d'abord, sur la surface oblique de la carotte ensemencée, une base rampante, noueuse et tortueuse, appliquée au support sur une étendue de 50 μ. Sur ce trajet, le filament rampant émet quatre filaments stériles, dont deux très courts, deux autres allongés et cloisonnés qui l'amarrent. Cinq rameaux se redressent et se terminent par des têtes sporifères, du type analogue aux *Œdocephalum* ou *Acrotheca,* l'un après avoir émis une branche latérale. Trois autres rameaux du filament rampant, écartés entre eux de 20 μ, se redressent et

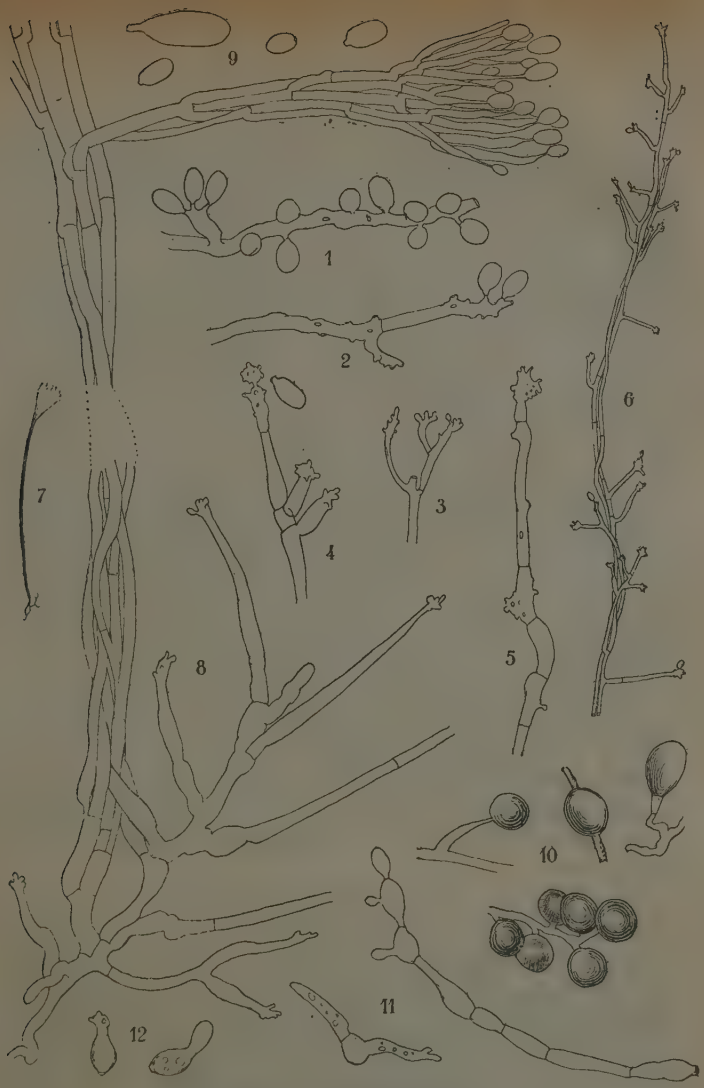



PLANCHE I — *Rhinocladium Lesnei*

(Gr. 1.075 : fig. 1-5, 8-12 ; 560 : fig. 6 ; 93 : fig. 7)

Fig. 1-2. — Conidies rattachées par des denticules au mycélium rampant. Type du genre *Rhinocladium*.

Fig. 3. — Mycélium simulant un sporophore ramifié en grappe de *Botrytis*.

Fig. 4. — Mycélium renflé au sommet, à la façon des sporophores de *Stachybotrys*.

Fig. 5. — Mycélium muni de renflements intercalaires comme les sporophores de *Gonatobotrys*.

Fig. 6. — Mycélium fasciculé, dont les rameaux sont terminés en tête comme les sporophores de *Graphiopsis*.

Fig. 7-8. — Mycélium fasciculé en stipe du type des *Graphium*, émettant à la base des rameaux simulant des sporophores de *Graphiopsis*.

Fig. 9. — Conidies de dimensions moyennes à droite, de dimensions extrêmes à gauche.

Fig. 10. — Chlamydospores terminales, intercalaires ou racemiformes.

Fig. 11. — Conidies germant en filaments toruleux.

Fig. 12. — Tube germinatif court se renflant en conidiophore.

s'enlacent bientôt pour former le stipe. L'un d'eux, détaché de la partie déclive, se dichotomise deux fois avant d'avoir été renforcé par les deux rameaux nés l'un près de l'autre en un point plus élevé du tube.

Nous avons ainsi, à la base du stipe, six filaments qui s'enlacent et ne paraissent plus se ramifier jusqu'à la naissance des rameaux sporifères étalés en corymbe. Le stipe dressé s'atténue légèrement au sommet par l'appauvrissement des filaments dont nous ne trouvons plus que trois à l'origine du corymbe, après un trajet vertical de 275 μ environ.

Le corymbe, cône renversé de 75 μ de hauteur sur 50 μ de diamètre, est constitué par huit étages de ramifications, isolées ou opposées, nées sous une cloison et évasant de plus en plus la fructification. Les derniers rameaux, juxtaposés au même niveau, atteignent 11-13 μ de long ; atténués au sommet en un col délicat, ils simulent une phialide, sans toutefois s'individualiser de l'axe précédent par une cloison s'ils naissent latéralement, ou par un étranglement s'ils en constituent le sommet.

Le stipe brunit en mûrissant ; les conidies prennent également une teinte fuligineuse. Après leur déhiscence, elles restent un certain temps agglutinées dans une goutte liquide.

Les fructifications volumineuses ne peuvent être analysées avec la même précision que celle qui vient d'être prise pour exemple. Il est pourtant certain que leur constitution est essentiellement semblable.

*
* *

La comparaison des formes indéfiniment variées de la fructification conidienne du *Rhinocladium Lesnei* nous démontre l'absence de type fixe de conidiophore et l'insuffisance des apparences qui pourraient faire songer à un *Botrytis,* à un *Acrotheca,* à un *Gonatobotrys,* à un *Graphiopsis* ou à un *Graphium.* Nous n'avons d'autres caractères arrêtés que ceux des conidies. En dehors d'elles, nous ne trouvons qu'un mycélium diversement modifié par l'insertion des spores, diversement épaissi et cutinisé, diversement ramifié ou fasciculé, simulant des sporophores plus ou moins compliqués qui assurent la dissémination dans des conditions variées. Nous pouvons voir tout au plus dans ce polymorphisme étendu une série continue d'adaptations cénogénétiques.

Les conidies (fig. 9) présentent constamment une membrane épaisse et brunissante, une forme oblongue et un prolongement basilaire ou pédicelle coupé carrément. Les dimensions ne sont pas rigoureusement fixes. Toutefois, en écartant les formes naines ou géantes, dont la longueur atteint les extrêmes de 3 µ 5 et de 11 µ, le diamètre transversal 2,5 et 4 µ, formes rares et exceptionnelles, les limites normales oscillent entre 4 et 7 µ pour la longueur, entre 3 µ et 3 µ 5 pour l'épaisseur. Les conidies courtes sont ovoïdes, les longues sont aplaties latéralement, sauf au moment de la germination. Le pédicelle normal n'a pas 1 µ de diamètre et 1/2 µ de long. Rarement il forme une queue atteignant jusqu'à 2 µ 6.

Nous rapportons aux chlamydospores des boules sphériques ou ovoïdes de 5-9 µ × 4-6,5, pédicellées ou intercalaires (fig. 10) qui naissent au contact du support humide. Leur paroi est noire et non brune comme celle des conidies.

Les conidies germent d'habitude par le sommet opposé au pédicelle. Parfois elles émettent un second filament sous le sommet. Lorsqu'elles tombent à la surface d'un support épuisé, elles donnent une végétation chétive. Tantôt le filament présente une série de dilatations vésiculeuses (fig. 11), tantôt il se renfle dès la sortie du pore germinatif en une tête couverte aussitôt de denticules sporifères (fig. 12).

Voici la diagnose de l'espèce :

*Rhinocladium Lesnei* Vuill. nov. sp.

*Hyphis ramosis, septatis, circa 1 µ 3 latis, mox fuligineis, discretis aut fasciculatis et tunc ascendentibus vel erectis, stipitis ad instar.*

*Conidiis oblongis vel ovoideis, breviter pediculatis fuligineis, 4-7 × 3-3,5, solitariis, insidentibus in hyphis passim vel præcipue ad apicem denticulatis, cylindricis, aut capitatis, aut rarius nodosis. Interdum hyphæ fasciculatæ et erectæ fructificationem Graphii simulant.*

*E tumore pedis extractus in insula Madagascar. Colitur in calidariis 25-35° C.*

## II — *Acremonium Potronii* Vuill. sp. nov.

(Planche II)

Le genre *Acremonium* Link ayant pour type l'*A. alternatum* Link appartient au groupe des Sporophorés. Les conidiophores,

de forme et de dimensions assez constantes, simples ou exceptionnellement pourvus d'une seule ramification, naissant perpendiculairement au mycélium, donnent même l'impression d'un rameau défini, d'une phialide. J'avais inscrit ce genre parmi les Phialidés [1]. Ce rattachement n'est pas justifié, car le sporophore ne se sépare pas primitivement du mycélium par une cloison. Une telle continuité, indiquée dans les figures données par M. Saccardo pour l'espèce type de Link, est de règle dans l'espèce que nous allons décrire.

L'*Acremonium Potronii* a été isolé par le Dr Potron, de Thiaucourt, du liquide extrait d'une hydarthrose du genou. L'observation du malade et le rôle probable du Champignon dans la production de la maladie feront l'objet d'une publication spéciale.

Ce Champignon forme, sur le sérum coagulé, et mieux sur la carotte, des efflorescences blanches qui se colorent en rose à mesure que les conidies mûrissent. Au bout de deux jours, à la température constante de 35-37° C., les fructifications sont abondantes. Le développement est un peu moins rapide à 25° et très lent à la température de l'appartement variant de 8° à 15°.

Le mycélium émet des cordons dressés (fig. 1), hérissés, dans toute leur étendue, de conidiophores formant un angle droit avec les filaments végétatifs, sans être influencés dans leur direction par la pesanteur (fig. 2). Les conidiophores se dressent également à la surface du duvet étendu sur le substratum horizontal ou incliné.

Les conidiophores sont presque toujours simples (fig. 3). Dès leur insertion, ils sont plus larges que le filament qui les porte; ils se dilatent bientôt de manière à prendre la forme d'un fuseau dans leur moitié inférieure, qui rappelle ainsi le ventre d'une phialide étirée, auquel fait suite un col progressivement atténué. Le ventre ne dépasse guère 1 μ 75 au point le plus dilaté; le col atteint à peine 1 μ de diamètre à la base et 0 μ 5 au sommet. Le sporophore mesure en tout 15-20 μ de long; ses deux parties sont sensiblement égales.

La conidie (fig. 4) mesure à maturité 4-5 μ sur 2-2,2 μ; elle est ovale, lisse, très brièvement stipitée, rose. Aussitôt mûre, elle

---

[1] Vuillemin, *Matériaux pour une classification rationnelle des* Fungi imperfecti (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 4 avril 1910).

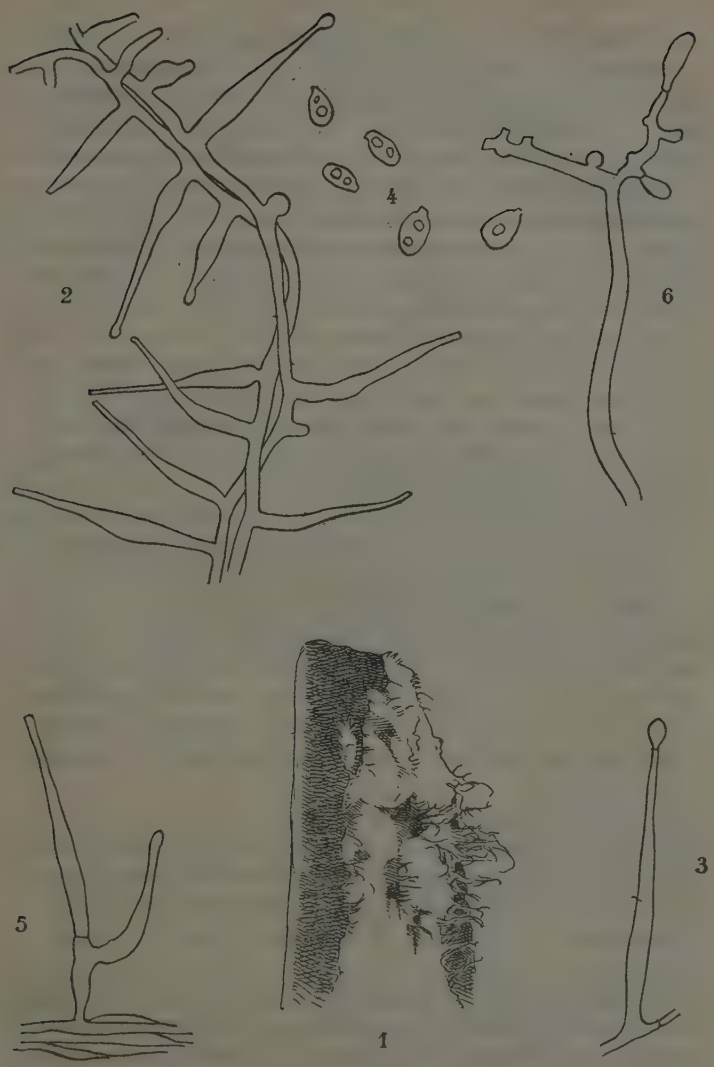



PLANCHE II — *Acremonium Potronii*
(Gr. 3 : fig. 1 ; 1.700 : fig. 2-6)

Fig. 1. — Aspect d'une culture à la loupe.
Fig. 2-3. — Aspect habituel des sporophores simples.
Fig. 4. — Conidies.
Fig. 5. — Rameau adventif d'un sporophore.
Fig. 6. — Ramification irrégulière du sporophore.

tombe ; mais elle n'a pas épuisé son support qui en produit bientôt une seconde, puis d'autres encore. De bonne heure on constate que les conidies dispersées sont bien plus nombreuses que les sporophores. Le col, d'abord arrondi au sommet, se montre brusquement tronqué après la chute de chaque conidie.

Parfois le conidiophore s'allonge un peu ; la base du tube se sépare du sommet par une cloison au-dessous de laquelle naît un rameau se transformant en sporophore latéral (fig. 5), recourbé à la base et ascendant par rapport à l'axe principal, non par rapport à la direction de la pesanteur.

Tels sont les caractères habituels de la fructification, qui permettent de ranger cette espèce dans le genre *Acremonium* Link. Elle ressemble morphologiquement à l'*A. alternatum* Link. Sa tendance à former des cordons chargés de conidiophores fait songer aux *Acremonium* fasciculés rapportés au genre *Isaria,* tels que l'*I. brachiata* (Batsch) Schum.

Quand la végétation est troublée par des conditions insolites d'alimentation et de température, par exemple sur sérum à froid, on rencontre des formes anormales qui pourraient égarer la diagnose. Nous signalerons entre autres des filaments d'abord dilatés comme un sporophore, se ramifiant au sommet et reprenant l'aspect de filaments végétatifs. Ces branches émettent, sans ordre apparent, des rameaux caducs dont les insertions forment des denticules comme on en voit chez divers Sporotrichés après la chute des conidies (fig. 6). Ces formes maladives ne sauraient donner le change.

Les fructifications du type *Acremonium* sont habituelles sur les filaments végétatifs diffus ou corémiés. Elles ont une régularité d'insertion, une uniformité et une fixité de dimensions qui contrastent avec les formes analogues qui apparaissent incidemment au cours des variations désordonnées du thalle des Sporotrichés.

Le genre *Acremonium* est inscrit dans les livres classiques dans la tribu des *Botrytideæ,* parce que l'on considère comme une grappe le filament d'où divergent les rameaux terminés par une conidie. Cette interprétation n'est pas correcte, puisque le filament considéré comme axe de la grappe appartient à l'appareil végétatif et non à la fructification. La tribu des *Botrytideæ* réunit actuellement des formes très disparates ; nous en donne-

rons une nouvelle preuve dans le prochain chapitre. Elle doit se reconstituer autour des formes telles que le *Botrytis cinerea* Pers. (*Botrytis vulgaris* Fries), qui sont réellement des sporophores racémiformes; elle prendra la dignité de famille, si l'on subordonne au type de ramification de l'appareil conidien la couleur des spores. Le genre *Acremonium* est le type de la famille inférieure des Sporophorés où le sporophore est habituellement simple. Nous la nommerons famille des *Acremoniaceæ*.

L'espèce que nous venons de décrire est inédite. Nous la dédions à notre collaborateur qui a su la remarquer et en découvrir l'intérêt.

En voici la diagnose :

*Acremonium Potronii* Vuill. nov. sp.

*Hyphis ramosis, septatis, vix 1 μ latis, hyalinis, sæpius in cæspitulos isariæformes (Isariæ brachiatæ ad instar) intricatis. Conidiophoris simplicibus, normaliter divaricatis, rarius 1. ramosis, phialiformibus, sed basi non septatis. Ramusculo ultimo conidifero elongato, 15-20 μ longo, gastro et collo subæqualibus constante. Gastro 1 μ 75 lato, collo 0 μ 5 ad apicem truncatum.*

*Conidiis successive formatis et discretim expulsis, roseis, ovalibus, levibus, breviter basi appendiculatis, 4-5 × 2-2,2.*

*E genu hydropico articulo extractus in Gallia, in sero et dauco cultus. 37° C. optime viget; 10° pigre crescit.*

## III — *Spicaria Aphodii* Vuill. sp. nov.

(Planche III).

Nous prendrons pour exemple de Phialidé le *Spicaria Aphodii* Vuillemin nov. sp. Ce Champignon fut découvert à la fin de 1907 dans le corps d'un Coléoptère (*Aphodius fimetarius*) trouvé à Malzéville dans le terreau d'une couche. L'insecte était mort de muscardine; son corps était momifié par le mycélium et des touffes roses, denses, farineuses à la surface, sortaient en divers points sans dépasser 1 demi-millimètre de hauteur. Les cultures se font aisément sur carotte stérilisée à l'autoclave. Dans une étuve réglée à 25° C., la carotte se couvre d'un duvet blanc, devenant rose au bout de cinq ou six jours par suite de la formation des conidies. La coloration se produit plus vite à la lumière qu'à l'obscurité.

Au mois de mai 1910, j'ai retrouvé sur la même couche plusieurs *Aphodius* attaqués par la muscardine rose. Le terreau environnant présentait de nombreuses efflorescences roses dont l'examen microscopique permit de préciser les caractères normaux du Champignon développé dans les conditions naturelles (fig. 1, 2).

Sur des filaments rampants, ramifiés, à cloisons rares, d'un calibre de 3 μ environ, se dressent des sporophores dont l'axe est un peu plus mince et s'atténue de bas en haut. Cet axe se compose de nœuds rapprochés; les entre-nœuds varient de 20 μ à la base à 6 μ au sommet. De nombreux rameaux s'insèrent en verticille à chaque nœud. Ceux des nœuds supérieurs prennent directement le caractère des phialides. Ceux des nœuds inférieurs se ramifient plusieurs fois suivant le type verticillé avant de se terminer par un bouquet de phialides. Leurs ramuscules, très courts, se comportent de même et, comme leurs entre-nœuds sont parfois à peine plus longs que larges, il se produit ainsi des glomérules serrés dont la surface est pavée de phialides.

La phialide est isolée de son support par une cloison. Elle a la forme d'un flacon avec un ventre ovale de 4μ × 2,6 en moyenne et un col effilé, long de 3 μ à 3,5, mesurant 1 μ de diamètre à la base, 0μ 2 à 0μ 3 au sommet. Les conidies naissent en progression basipète et en nombre indéfini de la pointe de la phialide. Elles atteignent très vite leur taille définitive, en sorte que chaque chapelet se compose de spores sensiblement égales. De grandes précautions sont nécessaires pour montrer les chapelets de spores, car leur cohérence est très faible; elles se désagrègent sous le moindre choc; le poids de la lamelle couvre-objet ou le moindre frottement suffit pour disloquer tout le système et, dans la plupart des préparations, on n'aperçoit en place que la conidie la plus jeune à la pointe de la phialide. Nous avons réussi pourtant à observer des files de 6 à 10 conidies (fig. 3).

Il est aisé de discerner le mode de ramification du sporophore qui range notre espèce dans la famille des Verticilliacées. Il faut plus d'attention pour reconnaître le groupement des conidies qui marque sa place dans le genre *Spicaria*.

Diverses espèces rangées actuellement dans les genres *Verti-*

*cillium* et *Acrocylindrium* sont, selon toute vraisemblance, des *Spicaria* insuffisamment étudiés.

Les conidies sont roses, ovales, mesurant 3,5-4 × 1,5-1,75. La facette d'insertion inférieure est à peine saillante. La facette supérieure n'est pas appréciable. Le contenu est homogène, parfois muni d'une tache claire excentrique (fig. 3).

Les efflorescences recueillies sur le corps de l'*Aphodius* sont des appareils conidiens généralement condensés, où les axes de divers ordres sont réduits à des articles renflés, de 4 à 6 μ, polyédriques, aboutissant à un pavage ininterrompu de phialides (fig. 4, 5).

Parfois, les articles polyédriques sont groupés vers le sommet, d'ailleurs peu renflé, d'un axe allongé et donneraient aisément l'illusion d'un *Sterigmatocystis* rudimentaire (fig. 6). Il s'agit, en réalité, d'un *Spicaria* condensé.

Les fructifications obtenues dans les cultures artificielles présentent des aspects aberrants comme celles des *Rhinocladium* et des *Acremonium* mentionnées précédemment. Leur examen isolé pourrait suggérer des idées inexactes sur les affinités du *Spicaria Aphodii*. Ils sont rarement assez accusés pour faire naître des difficultés sur l'identification de l'espèce, car les conidies gardent leurs caractères distinctifs; le type de la phialide n'offre que des altérations limitées à un petit nombre d'éléments; l'union des conidies peut devenir plus fragile encore que dans les conditions naturelles; le mode de ramification des sporophores est plus particulièrement atteint.

Si le milieu est très humide, par exemple quand on sème le *Spicaria* sur carotte en tube de Roux, présentant à la base une boule remplie d'eau, ou si la carotte repose sur un tampon de coton submergé, les fructifications deviennent lâches, les entrenœuds s'allongent, les verticilles se réduisent à 1-2 rameaux; les supports s'affaissent et simulent des stolons portant des branches isolées (fig. 7). Cependant, les phialides sont encore normales ou un peu plus allongées que de coutume. Les conidies sont normales, mais très caduques et rarement unies en chaînes persistantes.

Quand l'aération est insuffisante et la nourriture abondante, le mycélium forme des couches épaisses; les cloisons se multiplient, les anastomoses sont fréquentes. Ces conditions sont réalisées au plus haut point dans le corps des insectes où l'appa-

reil végétatif condensé passe au sclérote et donne aux tissus momifiés cette dureté qui caractérise la muscardine.

Si le tube de culture est étroit (tube à essai ordinaire bouché par un tampon de ouate), son atmosphère, saturée de vapeur d'eau, est bientôt envahie par le mycélium cotonneux qui obstrue la lumière. Au début, tout au moins, les fructifications restent rudimentaires. Elles se composent d'un axe simple terminé par une phialide où l'on ne distingue plus nettement la limite entre le ventre et le col (fig. 8, 9). Parfois, un rameau naît latéralement sous la cloison qui isole la phialide et s'atténue en filament sporifère sans se séparer de l'axe par une cloison (fig. 10). Ces formes convergent vers les aspects revêtus accidentellement par les *Acremonium* (fig. 5, pl. II). Il arrive même que les spores apparaissent au sommet du filament végétatif redressé; l'existence d'une phialide n'est plus rappelée que par l'étirement extrême du filament qui, sous les conidies, se réduit à un col allongé de 0μ1 à 0μ2 de diamètre au sommet (fig. 11). Dans ces conditions exceptionnelles, le degré de complication descend presque au niveau des Sporotrichés.

L'appareil conidien, nettement différencié à l'égard du mycélium végétatif, sauf dans des cas de réduction extrême, place notre Champignon au-dessus des Sporotrichés. Rarement réduit à une simple phialide, il se compose habituellement de ramifications de plusieurs degrés, bien distinctes du thalle rampant, quoique susceptibles, sous l'influence d'un excès d'humidité, de ployer sous le poids des ramuscules conidifères et de prendre l'aspect de stolons.

La ramification est du type latéral et verticillé. Les nœuds d'insertion sont un peu élargis; leur dilatation augmente quand deux ou plusieurs paires se succèdent sans interruption; les entre-nœuds, renflés et raccourcis, arrivent à former des têtes chargées d'un nombre assez élevé de phialides (fig. 5, 6). Parfois, ces vésicules, au lieu d'émettre des ramuscules sporifères, épaississent leurs parois et deviennent des chlamydospores (fig. 12). Cette ramification, dont le type se dégage en dépit de fréquents avortements et de quelques complications, caractérise la famille des Verticilliacées. C'est à cette famille et non aux Botrytidacées que se rattache le parasite de l'*Aphodius*. L'agent de la muscardine rose des Coléoptères est une Verticilliacée à spores en cha-

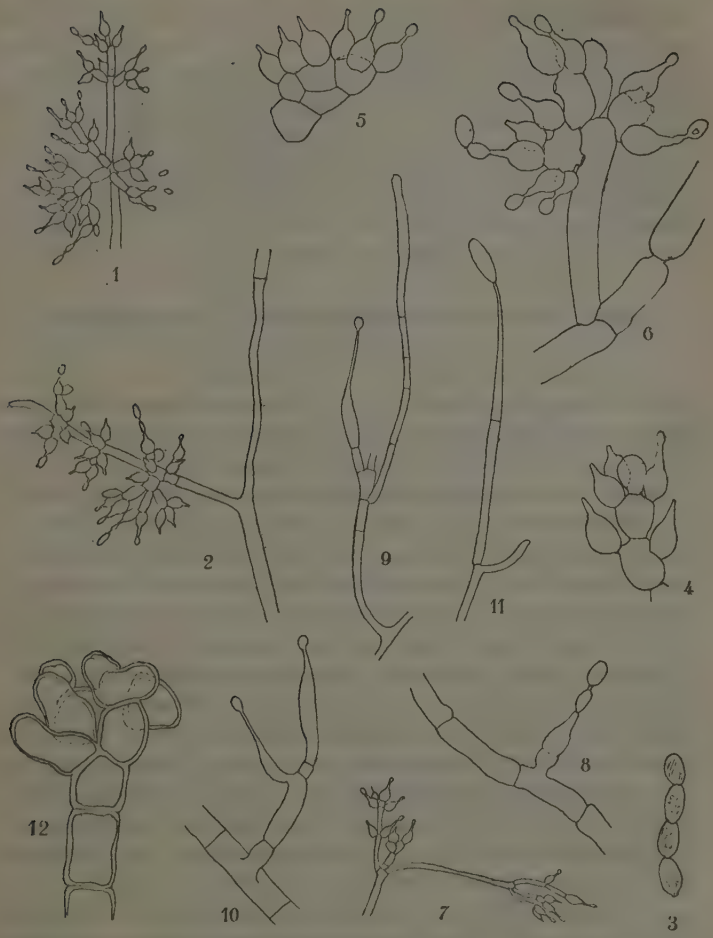



**Planche III — *Spicaria Aphodii***

**(Gr. 800 : fig. 1, 2, 7 ; 1.600 : fig. 3-6, 8-12)**

Fig. 1-2. — Phialophores recueillis sur le terreau.

Fig. 3. — Chapelet de conidies.

Fig. 4-6. — Phialophores condensés sur le corps des *Aphodius*.

Fig. 7. — Phialophores lâches dans une culture sur carotte très humide.

Fig. 8-11. — Phialophores rudimentaires.

Fig. 12. — Phialophores transformés en chlamydospores.

pelet, c'est-à-dire un *Spicaria*. L'espèce est nouvelle et répond à la diagnose suivante :

*Spicaria Aphodii* Vuill. sp. nov.

*Filamentis sterilibus ramosis, septatis, intricatis, hyalinis; fertilibus erectis, aliquoties decumbentibus; ramis verticillatis, rarius discretis, ultimis conidiferis, phialis sic dictis, ventre inflato et collo elongato constantibus, conidiis laxe catenatis, roseis, homogenis vel 1-guttulatis, ovalibus, levibus, breviter pedicellatis, 3,5-4 × 1,5-1,75.*

*Habitat in corpore Aphodiorum quos necat et momificat, necnon in terra humosa, in Gallia.*

*Optime colitur in vegetalibus substratis.*

## Champignons de diverses muscardines et autres maladies des Insectes.

Les Champignons décrits jusqu'ici comme agents des muscardines des Coléoptères ou des Lépidoptères ont été rangés dans des familles éloignées des Verticilliacées.

L'agent de la muscardine verte des *Cleonus*, des Hannetons, etc., fut décrit successivement sous les noms d'*Entomophthora Anisopliæ* Metchnikoff 1879, *Isaria destructor* Metchnikoff, *Oospora destructor* Delacroix, *Penicillium Anisopliæ* Vuillemin (1) 1904. Il se rattache à ce dernier genre par ses conidies en chapelet avec disjoncteur, par ses ramifications du type latéral isolé, ne passant au verticille que par condensation accidentelle des rameaux. Les conidies, lisses, allongées, rappellent mieux celles du *Spicaria Aphodii* que celles du *Penicillium expansum*. Nous ne saurions dire si cette ressemblance est l'effet d'une adaptation convergente ou si elle décèle une plus étroite affinité qu'on ne le soupçonnait entre les Pénicilliacées qui offrent, d'autre part, des transitions vers la famille des Aspergillacées et les Verticilliacées qui renferment le *Spicaria* de la muscardine rose.

Les mêmes remarques s'appliquent au *Penicillium Briardii* Vuillemin 1904, qui donne une muscardine blanche aux *Agrotis* et aux *Elater* dans les Vosges et probablement dans l'Aube.

On pourrait croire que les muscardines classiques du Ver à soie, des Hannetons et des Criquets sont l'œuvre de Champignons bien plus éloignés du *Spicaria* de la muscardine rose,

(1) Vuillemin, « Les *Isaria* du genre *Penicillium* » (*Bulletin de la Société mycologique de France*, t. XX, p. 214-222, pl. XI, 1904).

puisqu'ils sont unanimement rangés dans le genre *Botrytis,* caractérisé par des spores solitaires portées sur des sporophores ramifiés en grappe.

Cette attribution est inexacte. Un examen attentif des descriptions qui les concernent y laisse reconnaître sans peine des Verticilliacées du genre *Spicaria.*

Le *Botrytis Bassiana* Balsamo, le *Botrytis densa* (Link) [*Sporotrichum densum* Link, *Isaria densa* Giard, *Botrytis tenella* Saccardo], le *Botrytis Delacroixii* Sacc. (*Botrytis Acridiorum* Brongniart et Delacr., non Trabut) ont des phialides. Le genre *Botrytis,* dont le type n'a pas de phialides, rentre dans l'ordre des Sporophorés; les parasites des muscardines font partie de l'ordre des Phialidés. Les parasites des végétaux (*Botrytis cinerea,* etc.) n'ont aucune affinité avec les parasites des insectes rangés communément dans le même genre. De Bary a bien figuré les phialides du *Botrytis Bassiana* du Ver à soie; les « stérigmates piriformes » mentionnés par Delacroix (1) dans les deux autres espèces ont la même valeur. Les phialides sont groupées en verticilles pauvres. Enfin dans les trois espèces, Delacroix distingue fréquemment deux, rarement trois conidies placées bout à bout. Il s'agit donc, non pas d'espèces à spores isolées, mais de *Spicaria* dont les chapelets, malgré leur fragilité et la caducité de leurs spores, en laissent aisément distinguer plusieurs en place.

Le *Botrytis Bassiana* Balsamo doit donc prendre le nom de *Spicaria Bassiana,* le *Botrytis densa* celui de *Spicaria densa,* le *Botrytis Delacroixii* celui de *Spicaria Delacroixii.* Ces *Spicaria* se distinguent du *Spicaria Aphodii* par leur mycélium plus fin, leurs fructifications plus lâches, incolores, par leurs conidies plus petites, globuleuses chez le *Spicaria Bassiana* et le *Spicaria Delacroixii,* où leur diamètre est de 2 μ à 2,5, ovales chez le *Spicaria densa,* où elles mesurent 2,5-3 μ sur 1,5-2 μ.

Les divers agents des muscardines dont nous venons de rappeler les caractères appartiennent tous à l'ordre des Phialidés.

Le même ordre renferme les formes conidiennes de plusieurs autres Champignons entomophiles dont les conidiophores sont généralement portés sur des stipes formés par l'agrégation des

---

(1) G. Delacroix, « Observations sur quelques formes *Botrytis* parasites des insectes » (*Bulletin de la Société mycologique de France,* t. IX, p. 177-184, 1893).

filaments végétatifs. Ce caractère accessoire les a fait ranger dans les Stilbellacées du genre *Isaria*. Mais ce genre hétérogène confond des espèces qui, par la structure de leurs fructifications conidiennes, rentrent dans plusieurs genres distincts.

L'*Isaria farinosa*, forme conidienne du *Cordyceps militaris*, a été cultivé par Tulasne et de Bary. Il leur a fourni des formes filamenteuses qui, selon la remarque de M. Costantin (1), permettent de rapprocher cette espèce des *Spicaria*.

M. Boudier (2) a consacré une planche fort élégante à l'illustration de l'*Isaria arachnophila* Ditm. Le dessin de cette planche avait été présenté à la Société mycologique dans la séance du 5 avril 1888. De l'examen de ce dessin, M. Costantin (*loc. cit.*, p. 63) conclut que l'*Isaria arachnophila* est constitué par un fascicule de filaments qui se terminent par des têtes sporifères de *Sterigmatocystis*.

L'*Isaria tenuis* Heim ne diffère du précédent que par ses conidies plus petites et ses phialides légèrement renflées à la base, bacillaires au sommet comme celles du *Spicaria Aphodii*. « Il est à remarquer, dit M. Heim (3), que, si l'on ne tenait pas compte de la forme agrégée de notre Mucédinée, elle se laisserait très naturellement ranger, ainsi que l'*I. arachnophila*, dans le genre *Aspergillus* (*Sterigmatocystis*), à titre de section par exemple. »

J'ai rencontré deux fois l'*Isaria arachnophila* aux environs de Nancy sur les cadavres d'araignées fixées à la face inférieure des feuilles d'Aune et de Frêne. Sa ressemblance avec les *Sterigmatocystis* est superficielle. Les filaments rampant à la surface du stipe ont une paroi très épaisse contrastant avec les parois délicates des filaments végétatifs fasciculés qui forment le corps de la colonne dressée. Ils constituent les troncs d'autant de sporophores grimpants comme dans le genre *Gibellula* Cavara. Les rameaux sont nécessairement unilatéraux, puisqu'ils ne trouvent de surface libre que d'un côté. Ils sont éventuellement subterminaux ou terminaux. Le rameau perpendiculaire au stipe a été

---

(1) Costantin, « Observations sur la fasciation des Mucédinées » (*Bulletin de la Société mycologique de France*, t. IV, p. 62-68, 1888).

(2) Boudier, *Icones mycologicæ*, t. III, n° 21, pl. 583.

(3) F. Heim, « Sur un curieux Champignon entomophyte : *Isaria tenuis*, sp. nov. (*Bulletin de la Société mycologique de France*, t. IX, p. 114-118, 1893).

comparé à l'axe d'un sporophore de *Sterigmatocystis*. Malgré sa brièveté, il est toujours cloisonné. L'article apical se dilate supérieurement au niveau de l'insertion des ramuscules, mais rarement assez pour donner l'impression d'une tête. Les ramuscules serrés laissent assez aisément reconnaître leur disposition en verticilles. Chacun d'eux porte des phialides aussi nombreuses que les ramuscules portés sur le renflement primaire, allongées, serrées comme un pavage. Le col est remplacé par un épaississement de la membrane, creusé au centre d'un canal étroit mettant la phialide en communication avec la plus jeune conidie.

En dehors de la forme spéciale des phialides, exceptionnelle parmi les Aspergillacées comme parmi les Verticilliacées, le rameau fertile ressemble parfaitement à celui du *Spicaria Aphodii*, où les axes de divers ordres sont également raccourcis et renflés quand ils se condensent sur un espace restreint, soit sur le terreau, soit surtout sur le corps des insectes.

La limitation du nombre des ramifications est déterminée par leur groupement et par l'espace dont chacune d'elles dispose. Si un rameau n'est pas entravé par ses voisins, circonstance rarement réalisée, le ramuscule de premier ordre, au lieu de donner des phialides, émet de nouveaux verticilles de ramuscules d'ordre plus élevé. Sans doute, on observe aussi des ramifications supplémentaires chez les *Sterigmatocystis;* mais il s'agit alors, soit de rares anomalies, soit de conditions dysgénétiques provoquées par des milieux de culture artificiels, mal appropriés, et d'un réveil de l'activité végétative dans les organes habituellement fixés comme organes reproducteurs. Chez l'*Isaria arachnophila* au contraire, l'apparence de *Sterigmatocystis* est en rapport immédiat avec les connexions réciproques des divers rameaux fertiles, si serrés, qu'au début il n'existe aucun intervalle entre eux.

En conséquence, nous sommes porté à voir dans cette espèce une forme insolite de Verticilliacée dont les verticilles sont altérés à la base par la situation de l'axe grimpant le long du thalle dressé en forme de stipe, au sommet par l'entassement des ramuscules sur un espace restreint.

La constitution des spores confirme ces affinités. Les spores ovales-oblongues, à paroi mince et lisse, à contenu renfermant une goutte oléagineuse, sont analogues à celles des *Spicaria* et très différentes de celles des Aspergillacées.

L'*Isaria arachnophila* est donc une Verticilliacée, à spores en chapelet, ovales-oblongues, à paroi mince, non cortiquée. On ne saurait maintenir cette espèce dans le genre empirique et hétérogène où on l'a d'abord inscrite. On ne peut non plus en faire un *Spicaria* sans donner à ce genre une extension excessive. Les filaments fertiles grimpants le long d'un stipe mycélien, les rameaux sporifères terminés en pseudo-capitules la rapprochent du genre *Gibellula* Cavara. Ce dernier genre a certainement des conidies en chapelet. Cela résulte de la constitution générale du sporophore, bien que dans l'espèce unique qui constitue ce genre, *Gibellula pulchra* (Sacc.) Cavara, parasite des Insectes, on ait distingué une seule spore ovale, hyaline, à l'extrémité de la phialide.

Le genre *Gibellula* prendra place parmi les Verticilliacées et comprendra, outre le *Gibellula pulchra* Cavara, le *G. arachnophila* (Ditm.), le *G. tenuis* (Heim). M. Saccardo [1] se demande, avec raison, semble-t-il, si l'*Isaria aspergilliformis* Rostr. ne doit pas rentrer dans le genre *Gibellula*. Il diffère seulement des espèces précédentes par ses conidies globuleuses.

En rangeant le genre *Gibellula* dans la famille des Verticilliacées, nous marquons la prépondérance de l'appareil conidien, du sporophore muni de phialides, sur le stipe dont on avait fait la caractéristique des Stilbellacées (*Stilbaceæ* des anciens auteurs). Les stipes dans ce genre et dans les autres Stibellacées sont une modification de l'appareil végétatif, ainsi que nous l'a prouvé leur apparition chez des Sporotrichés, tels que le *Rhinocladium Lesnei*. Il n'a pas permis d'y chercher la caractéristique d'un ordre ou d'une famille. Le stipe ne peut entrer dans la définition d'un genre que dans le cas où il est associé aux sporophores d'une façon assez étroite et assez constante pour imprimer à la fructification une allure particulière comme chez les *Gibellula*. Le groupe des Stilbellacées ne saurait être considéré comme conforme aux affinités. Les genres qu'on y réunit sont sans valeur taxinomique. M. Costantin (*loc. cit.*) a bien marqué l'affinité des Mucédinées agrégées avec les Mucédinées simples, dont elles présentent les sporophores, soit enlacés entre eux, soit portés sur un stipe de nature indéterminée. Il hésite à réunir dans un

---

(1) Saccardo, *Sylloge fungorum*, t. XI, p. 641.

même genre une forme simple et une forme agrégée, et propose de distinguer les deux formes par un préfixe ajouté au nom de la forme la plus anciennement décrite. Par exemple, le *Coremium glaucum* Link, forme agrégée du *Penicillium expansum* Link, prendrait le nom de *Synpenicillium,* qui signifie *Penicillium* agrégé; de même *Haplographium* désignerait, selon M. Costantin, les *Graphium* simples, c'est-à-dire soit les *Graphium* désagrégés, soit les espèces de Mucédinées simples dont les sporophores sont semblables à ceux des *Graphium.* Ces conventions ont l'inconvénient de donner la forme des noms génériques à la désignation d'états de développement coexistant, non seulement dans un genre naturel, mais parfois aussi dans une seule espèce; l'exemple du *Penicillium expansum* le prouve, car le même mycélium peut porter, soit les sporophores simples, soit les sporophores corémiées. D'autre part, le genre *Haplographium* Berk. et Br. n'a pas des sporophores de *Graphium,* et nous ne pensons pas que Berkeley et Broome aient appliqué tacitement la règle formulée par M. Costantin quand ils ont créé ce genre.

Les préfixes « syn, haplo » font naître une confusion entre la nomenclature des genres et la description des formes. Si une forme est considérée comme caractéristique d'un genre nouveau, elle justifie la création d'un nom générique selon les règles consacrées. Si l'on n'a pas de raison suffisante pour lui attribuer cette valeur, on peut la mentionner dans la description du genre ou des espèces, sans soulever aucune question de nomenclature. Depuis que nous savons que le *Coremium glaucum* est une forme du *Penicillium expansum,* il n'a plus droit à un nom à part; mais nous pouvons rappeler dans la description du *Penicillium expansum,* que cette espèce présente fréquemment une forme corémiée ou agrégée.

Le genre *Isaria,* le groupe des Stilbellacées dans lequel il est rangé, sont caducs, en tant que divisions taxinomiques. Ces catégories empiriques n'en ont pas moins leur utilité pour réunir en chapitres l'histoire de Champignons dont il peut être indiqué de comparer les aspects superficiels et les propriétés biologiques ou pathogéniques.

Comme le *Spicaria Aphodii,* de nombreux Champignons entomophiles rentrent dans l'ordre des Phialidés. Par la situation des phialides insérées sur le mycélium ou sur des sporophores diver-

sement constitués et diversement ramifiés, ils se rattachent à diverses familles de Phialidés, et dans ces familles ils appartiennent à la tribu caractérisée par les conidies simples ou Amérosporées. Le plus grand nombre fait partie de la famille des Verticilliacées, ce sont : les *Spicaria Aphodii, Bassiana, densa, Delacroixii, farinosa,* les *Gibellula pulchra, arachnophila, tenuis, aspergilliformis*. Les *Penicillium Anisopliæ* et *Briardii* rentrent dans la famille des Pénicilliacées, dont les sporophores se ramifient d'abord suivant le type unilatéral.

## IV — *Urophiala mycophila* Vuill.

(Planches IV et V)

L'ordre des Prophialidés a pour type le nouveau genre *Urophiala* Vuillemin. L'unique espèce qui, jusqu'ici, constitue ce genre, *Urophiala mycophila,* fut découverte sur un bouchon de conserves parmi diverses moisissures. Son isolement, assez laborieux, nous fournit d'abondantes cultures, d'où il ressort que son association avec d'autres Champignons n'est pas indispensable.

Dans son habitat naturel, l'*Urophiala mycophila* offre une grande constance ; le même aspect est habituel dans les cultures (pl. IV). L'uniformité des fructifications est une conséquence de la pluralité des éléments fixes qui les constituent : conidies isolées, simples, hyalines, ovoïdes-globuleuses, de 5-7 sur 4-5 μ, à facette d'insertion à peine saillante, atteignant près de 1 μ de diamètre ; phialides hyalines ou légèrement fuligineuses à la base, au nombre de trois, ascendantes et, par suite, incurvées à la façon d'un estomac à grande courbure inférieure avec un renflement de 4 μ de long sur 3-3,5 de large et un col correspondant à l'antre du pylore en forme de tronc de cône de 0μ 4 à 0μ 65 de haut ; prophialide ou segment hautement différencié, portant en des points déterminés les trois phialides de chaque fructification.

La prophialide fait partie de l'axe simple de l'appareil conidien. Celui-ci naît perpendiculairement à la surface des filaments du mycélium incolore.

Le mycélium se compose de filaments délicats de 1-2 μ de diamètre, allongés, cloisonnés, ramifiés.

Le sporophore se dresse perpendiculairement aux filaments

rampants sur une hauteur de 20-34 μ. Souvent, la portion dont il émerge s'isole par deux cloisons situées à une faible distance de part et d'autre de son origine et circonscrivant une sorte de pied qui se distingue du reste du mycélium par l'épaisseur et la teinte fuligineuse de ses parois. L'axe de la fructification comprend trois parties : un manche, une prophialide et un filament ou segment terminal.

Le manche, cylindrique, varie de 5 μ à 17μ 5 de hauteur sur 2μ 2 à 4μ 4 de diamètre. Il offre une cloison plus ou moins rapprochée de la base et plus rarement une seconde cloison sur son trajet. L'épaisseur et la coloration de ses membranes progressent de haut en bas et s'étendent éventuellement au pied. Le maximum est atteint au voisinage de la prophialide.

La prophialide est la portion la plus sombre de tout l'appareil; ses parois épaisses ont une teinte fuligineuse, parfois presque noire. Sa forme est aussi constante que compliquée. De face, elle offre l'aspect d'une cuirasse amincie et prolongée à la base, haute de 9-11 μ, large de 7 μ-7μ 5 au point le plus dilaté (fig. 1-3). De profil (fig. 4), on distingue une base très légèrement élargie de bas en haut sur une hauteur à peu près égale à la largeur, de 4 μ environ, et un sommet fortement incurvé ou presque coudé à angle droit, de telle sorte qu'on a une face concave ou ventrale courte et une face convexe ou dorsale décrivant presque un demi-cercle. La prophialide de l'*Urophiala mycophila* est donc une palette atténuée à la base en un pédicule subcylindrique, reployée sur elle-même, si bien que son sommet surplombe la partie moyenne comme un promontoire (fig. 5). Ce promontoire présente en avant trois facettes, une médiane et deux latérales, donnant chacune insertion à une phialide, où l'on distingue deux courbures : une courbure basilaire continuant la courbure de la prophialide, une courbure terminale redressant le sommet en sens inverse (fig. 3).

Du sommet de la prophialide, à peu près dans l'axe du manche, naît le filament terminal, stérile. Celui-ci se compose d'une cellule subcylindrique assez étroite, de 5μ 5 à 6μ 5 de long sur 2 μ à 2μ 5 de diamètre, à paroi relativement mince et d'un brun pâle, terminée par une calotte plus mince, entourée d'une petite collerette ou de simples denticules dont nous indiquerons plus loin l'origine.

L'aspect est généralement le même dans les cultures sur carotte à la température de l'appartement ou à l'étuve chauffée à 25° au maximum.

Le développement suivi dans les cultures permet de comprendre les causes de l'aspect singulier des prophialides. Les fructifications apparaissent du quatrième au sixième jour et se développent rapidement; on en trouve de complètement formées et munies de spores le cinquième jour à partir du semis. Pour saisir les étapes de ce stade fugace, il est nécessaire d'examiner un grand nombre de sporophores et de préciser les points où l'on a des chances de trouver les plus jeunes.

Le mycélium envoie de nombreux filaments dans l'épaisseur du support; quelques-uns sont des sortes de crampons abondamment ramifiés (fig. 6). D'autres filaments se dressent en l'air. Dans les parties relativement sèches, ceux-ci forment un léger duvet dont les poils sont des mèches de tubes unis en faisceaux coniques et grêles atteignant 1 ou 2 millimètres. Dans les parties plus humides, les filaments cohérents forment un revêtement dense d'aspect cireux, très adhérent. Les premiers sporophores naissent vers la base des houppes dressées et s'étendent le long de ces houppes. Les croûtes compactes sont peu à peu recouvertes de sporophores dont les manches s'allongent jusqu'à 60 ou 70 μ (fig. 7, 8), tandis que la teinte fuligineuse s'étend de leurs pieds aux filaments qui les réunissent (fig. 3, 4). La surface entière peut prendre l'aspect fuligineux, la couleur brune à reflets verdâtres ou presque noire des Dématiées. Parfois, le filament bruni qui porte des appareils conidiens se termine lui-même par une prophialide surmontée de son filament stérile. L'aspect dématien, par son origine et son mode de progression dans des circonstances strictement déterminées, est sous la dépendance directe ou médiate de la fructification. L'épaississement des membranes, l'imprégnation de leur couche superficielle par le pigment sombre n'apparaissent dans les filaments végétatifs que par extension des mêmes propriétés à partir des sporophores où elles sont d'abord localisées, ou tout au moins des rudiments de sporophores accidentellement stériles. Ce fait, bien établi pour l'*Urophiala mycophila,* mérite d'être retenu quand on veut préciser les rapports qui unissent les Champignons respectivement classés jusqu'ici, soit dans

les Mucédinées, soit dans les Dématiées. Selon la remarque de M. Lindau [1], ces deux familles se composent de groupes et de genres parallèles, ne différant entre eux que par la coloration sombre de quelqu'une de leurs parties : mycélium, sporophores ou conidies. Il n'y a là, croyons-nous, qu'un procédé de distinction empirique sans valeur systématique notable.

Dans un très jeune sporophore (fig. 9), la teinte fuligineuse est déjà sombre dans la cellule qui précède la prophialide et dans la partie supérieure de la cellule sous-jacente. La prophialide, légèrement teintée, a le même diamètre que le pied, c'est-à-dire 2 à 5, sauf une faible dilatation sous le sommet. A moins de 1 μ du sommet, elle envoie un rameau perpendiculaire à son axe sur la face ventrale qui se distingue déjà par une légère concavité. Le filament terminal a la forme d'un cylindre coiffé d'une calotte sphérique, long de 8 μ sur 2 μ de diamètre, incolore. Le rameau, début de la phialide médiane, reste droit tant que sa longueur dépasse peu son diamètre. Bientôt il s'incurve vers le bas, suivant la courbe de la prophialide (fig. 10, 11).

A un stade un peu plus avancé (fig. 12), la saillie de la face ventrale est plus proéminente; outre la phialide médiane, elle porte les deux phialides latérales également réduites à un sac. Celles-ci se montrent comme des ramifications du rameau latéral terminé par la phialide médiane un peu plus précoce. La prophialide présente, dès ce moment, une forte cambrure rétablissant l'équilibre menacé par le développement unilatéral de la ramification. La prophialide est encore peu colorée; le segment supérieur n'est pas modifié, sauf une tendance passagère à se courber dans le même sens que la prophialide et les jeunes phialides.

La forme de la prophialide se fixe définitivement par l'épaississement rapide de ses membranes qui deviennent plus robustes et plus sombres que celles du pied, tandis que les contours prennent des courbures régulières. Cet état se réalise sous l'influence d'une forte turgescence du contenu, liée à une puissante aspiration d'eau du mycélium vers le sommet de la fructification. Nous en trouvons la trace dans les modifications corrélatives des phialides et du filament terminal.

Les phialides, d'abord horizontales puis descendantes, devien-

---

(1) *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, t. I, 1**, p. 454.

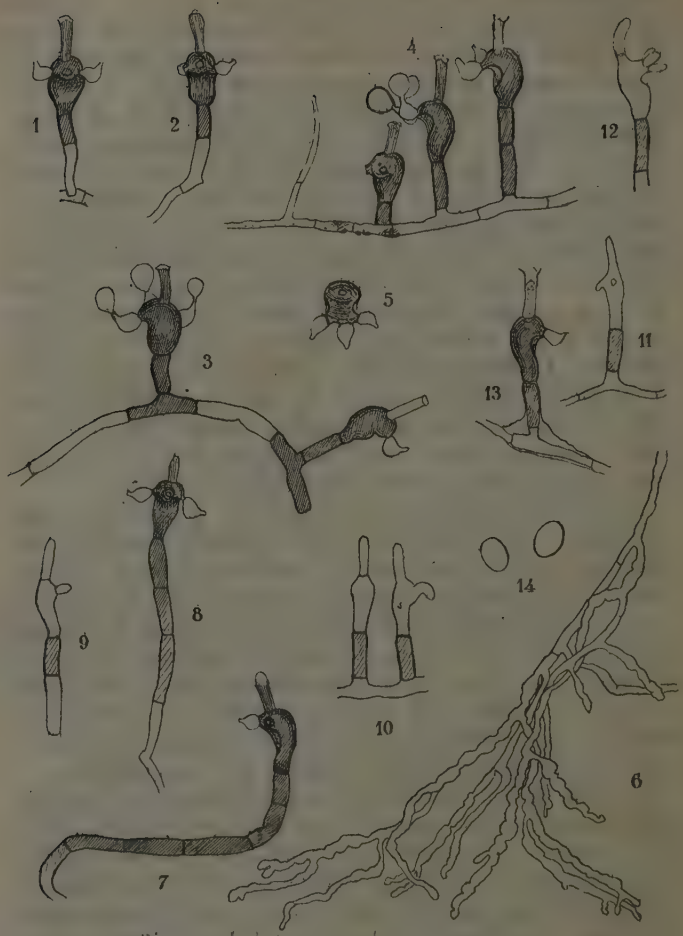



PLANCHE IV — *Urophiala mycophila*
(Gr. 975)

Fig. 1-4. — Aspect habituel des phialophores vus de face, de profil ou un peu obliquement.
Fig. 5. — Aspect du phialophore vu d'en haut.
Fig. 6. — Terminaisons du mycélium nourricier.
Fig. 7-8. — Phialophores à manche allongé.
Fig. 9-13. — Développement des phialophores.
Fig. 14. — Conidies.

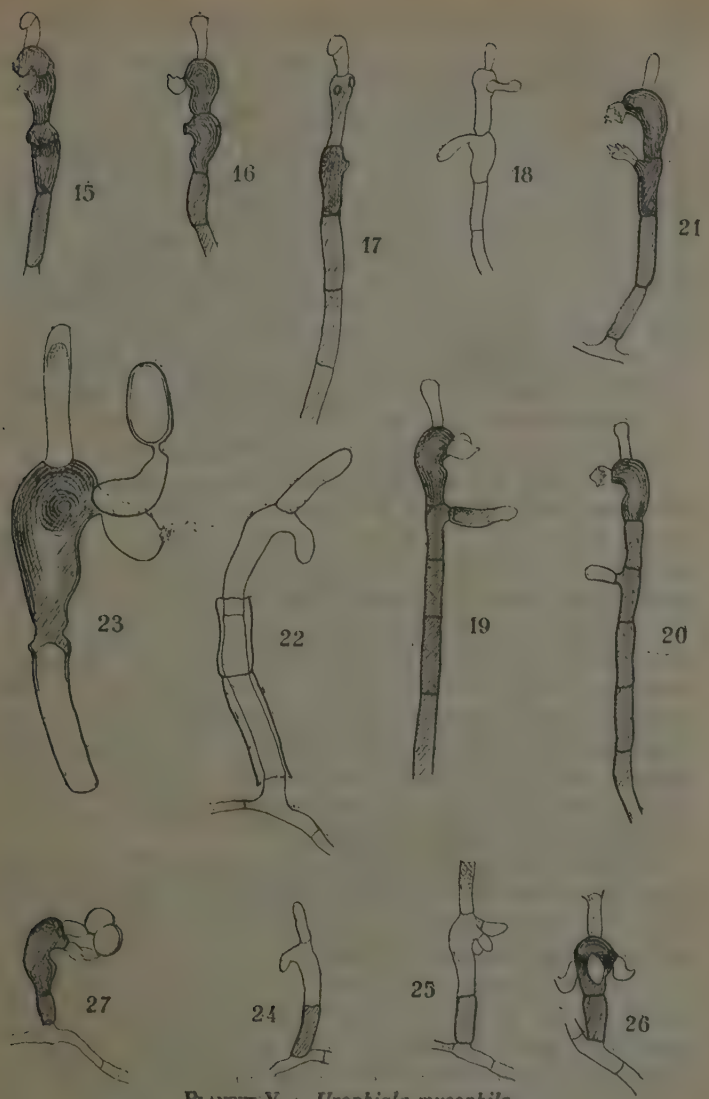



**Planche V — *Urophiala mycophila***
**(Gr. 933 : fig. 15-21 ; 24-27 ; 1.850 : fig. 22-23)**

Fig. 15-16. — Deux prophialides superposées.
Fig. 17. — Prophialides superposées frappées d'un arrêt de développement.
Fig. 18. — Prophialides rudimentaires dont les rameaux simples n'ont pas donné de phialides.
Fig. 19-21. — Rameaux simples naissant des segments du manche.
Fig. 22. — Cuticule décollée en manchon sur le manche d'un jeune phialophore.
Fig. 23. — Appendice terminal imperforé suppléé par une phialide rompue.
Fig. 24-26. — Phialophores traités par la potasse à 10 °/o. (Les autres objets dessinés étaient placés dans le lactophénol.)
Fig. 27. — Phialophore sans appendice terminal, portant deux phialides.

nent ascendantes. Leur ventre rebondi présente une forte convexité inférieure comparable à la grande courbure de l'estomac; la face supérieure est très peu saillante, plane ou même concave. En même temps leur sommet s'étire en col terminé par une conidie qui atteint vite sa longueur définitive (fig. 13, 23), puis s'arrondit en forme d'œuf ou d'ovale (fig. 14). La phialide garde parfois sa forme d'estomac après la chute de la spore, notamment quand le milieu se dessèche. Ses membranes présentent alors une certaine rigidité et une coloration manifeste, quoique pâle. Plus souvent l'épaississement reste limité à la base, qui persiste sous forme de manchette plissée (fig. 20, 21), tandis que le reste se flétrit ou disparaît. Dans certaines conditions, liées sans doute à un desséchement prématuré, les phialides ne laissent d'autre trace que la cicatrice de leur insertion sur la prophialide.

Vers l'époque de l'apparition des conidies, le sommet du segment terminal se gonfle et se remplit d'un mucilage qui refoule le protoplasme vers la base (fig. 13, 23). Ce gonflement aboutit à une rupture de la calotte; on observe à ce niveau une goutte de mucilage se distinguant d'une conidie par l'absence de membrane. Cette goutte, peu réfringente, est aisément entraînée dans le liquide de la préparation, où elle peut se morceler en gouttelettes plus fines. L'expulsion d'une goutte hyaline ne s'accompagne pas normalement d'issue du protoplasme. Celui-ci reconstitue une très fine membrane cicatricielle sous le sommet du filament terminal, qui reste couronné d'une petite collerette persistante, dont la signification était restée énigmatique jusqu'au jour où nous avons saisi son origine.

Comme il ressort des descriptions précédentes, il semble possible de donner une explication mécanique du développement des courbures qui frappent la prophialide et les phialides, dès que le courant ascendant des liquides est dérivé vers les ramifications qui naissent à angle droit, comme le phialophore lui-même naît sur le mycélium. Une telle explication paraît insuffisante pour rendre compte de la courbure secondaire qui relève la phialide et rend la direction verticale à la conidie. Il faut invoquer ici l'irritabilité du sommet végétatif de la prophialide, réagissant contre la force qui pousse le courant vers le bas. Cette réaction est facilitée par un abaissement de la tension du contenu de la phialide. La turgescence se trouve diminuée par la

rupture du sommet de l'appendice terminal et par l'expulsion du mucilage par cette sorte de soupape régulatrice.

Si l'on transporte une jeune culture (neuf à onze jours) dans une solution de potasse au dixième, la turgescence du phialophore est portée au maximum. Rien n'est changé dans l'aspect des très jeunes fructifications qui gardent les rudiments de phialides incurvés vers le bas (fig. 24). Dans les éléments plus avancés, les phialides, déjà semblables à un estomac, cessent de redresser leur col qui s'approche plus ou moins de l'horizontale, tandis que le corps reprend une position presque pendante (fig. 25, 26). En même temps, le segment terminal est gorgé jusqu'au sommet de protoplasme entremêlé de vacuoles.

## Anomalies de l'*Urophiala mycophila*.

Les anomalies de la fructification de l'*Urophiala mycophila* ne sont pas communes. Elles portent, soit sur l'axe, soit sur les rameaux.

L'axe nous a offert des variantes dans ses trois parties : le manche, la prophialide et le segment terminal.

Le manche présente assez souvent, dans les cultures, un allongement accompagné de multiplication des cloisons. Il peut se continuer avec le mycélium sans démarcation tranchée. Ou bien le filament rampant d'où le sporophore se détache à angle droit épaissit et brunit ses membranes et se trouve ainsi annexé à la fructification sur une étendue indéfinie. La couche superficielle de la membrane rigide et pigmentée se détache aisément, à la façon d'une cuticule, de la couche profonde, incolore et délicate, sur l'étendue de plusieurs cellules. Ce décollement n'est pas rare à la base (fig. 13) et forme une toile tendue, amarrant en quelque sorte le manche sur le pied, et en rendant l'implantation plus solide. Ce phénomène est déterminé par un allongement intercalaire de la base du pied, dont la cuticule déjà rigide ne suit pas la croissance. Si, au moment de cet allongement, la cuticule ne s'étend pas encore aux filaments rampants, elle se détache à la base du pied comme un manchon ouvert en bas. Dans un cas de ce genre (fig. 22), le manchon s'était détaché d'autre part à son sommet, au niveau de la prophialide dont les parois étaient

encore minces et pâles; mais par suite d'un fléchissement de la turgescence, la cellule supérieure du manche s'était rétractée et la cloison qui la séparait de la prophialide s'était abaissée au-dessous du bord supérieur du manchon cuticulaire rigide.

La prophialide ne nous a pas offert d'autre modification que des arrêts de développement parallèles à ceux de ses appendices. Dans les végétations de tout âge, on rencontre des prophialides multiples. La prophialide habituelle, formée dans l'avant-dernier segment, est précédée d'une seconde prophialide toute semblable, portant trois phialides ventrales (fig. 15, 16). Dans les jeunes cultures, la prophialide inférieure est noire, tandis que la supérieure est encore grisâtre. Cette différence persiste parfois dans les vieilles cultures. On rencontre aussi (fig. 17) des filaments dont l'avant-dernier segment et le précédent portent chacun trois facettes indiquant la place de phialides abortives; ces segments sont à peine courbés.

Le segment terminal présente une grande constance dans sa forme et ses dimensions. Son absence est extrêmement rare. Avant de l'admettre, il faut s'assurer avec soin que l'appendice n'est pas masqué, ou qu'il n'existe pas une facette d'insertion montrant qu'il a été accidentellement détaché. Sur des milliers de spécimens examinés, nous avons reconnu deux fois seulement l'absence d'appendice terminal. L'un de ces cas, concernant la touffe originelle trouvée sur un bouchon, est particulièrement intéressant. Dans cet exemplaire (fig. 27), le manche était court, la prophialide normale, à cela près qu'elle portait seulement deux phialides, terminées chacune par une spore normale presque mûre. Les phialides flétries, horizontales et même légèrement pendantes, ne semblaient pas avoir subi la seconde courbure. Cet exemplaire offrait une remarquable ressemblance avec l'*Urobasidium rostratum* Giesenhagen, découvert au Népaul par le savant professeur de Munich dans des phytocécidies causées sur les feuilles de l'*Aspidium aristatum* par le *Taphrina Cornu-cervi*. M. Giesenhagen avait inscrit le genre *Urobasidium* dans la famille des Hypochnacées; mais il présente si exactement l'allure générale de l'*Urophiala*, que nous n'hésitons pas à le transporter des Basidiomycètes dans l'ordre des Prophialidés.

Le segment terminal est sujet aux arrêts de développement. La rupture de la calotte terminale et la formation d'une couronne

aux dépens de la membrane perforée font quelquefois défaut. Dans ce cas, il ne saurait jouer le rôle de régulateur de tension que nous lui avons attribué. Mais, si nous analysons avec soin ces exceptions, il nous semblera qu'elles coïncident avec d'autres modifications de structure rendant cette fonction superflue. La persistance de la calotte terminale est fréquente dans les sporophores munis de deux prophialides superposées qui augmentent notablement la capacité de l'appareil. Nous l'avons également observée dans des cas où l'une des cellules du pied portait un court rameau latéral. Dans l'un d'eux (fig. 21), la rupture du sommet de ce rameau suppléait directement l'expulsion du trop-plein par la cheminée terminale. Dans un phialophore normal, la phialide médiane avait éclaté et une traînée de protoplasme s'échappait par la fissure terminale (fig. 23). Une phialide latérale avait redressé son col et portait une jeune spore verticale, bien que le segment terminal fût encore imperforé. Ces exceptions sont donc loin d'ébranler la règle que nous croyons devoir poser au sujet de la fonction du segment terminal.

Les appendices normaux se réduisent aux trois phialides juxtaposées à la face ventrale de la prophialide. Ce nombre ne varie guère. Nous n'avons pas observé plus de trois phialides sur un même segment. Le développement nous a appris que le rameau médian est le plus précoce ; les deux autres sont ses ramifications qui, partant de sa base, se greffent avec lui sur la prophialide. Le développement presque simultané des rameaux de premier et de second ordre entraîne l'élargissement et les courbures caractéristiques de la prophialide. Cette influence se fait également sentir sur deux segments consécutifs dans les cas de pluralité des prophialides. Les phialides sont-elles abortives (fig. 17), les prophialides sont à peine élargies et courbées.

Dans le cas très rare où le nombre des phialides fertile s'abaisse à deux (fig. 27), elles sont encore d'ordre différent, le rameau terminé par la phialide médiane n'ayant émis qu'un seul appendice latéral.

Parfois l'appendice ne se ramifie pas et n'évolue pas en phialide. Son homologie avec le rameau fertile reste néanmoins manifeste (fig. 18) quand il se détache de l'avant-dernier ou des deux avant-derniers segments légèrement renflés et courbés, surmontés d'un segment terminal plus étroit. Il arrive aussi que le rameau

stérile se montre sous le sommet du segment qui précède une prophialide normale (fig. 19, 21) ou d'un autre segment du manche (fig. 20). Ce rameau est perpendiculaire au manche, cylindrique, court, à paroi légèrement colorée, terminée par une calotte plus mince ; il présente en un mot la constitution du segment terminal, dont il remplit éventuellement le rôle. Le segment d'où procède un tel appendice stérile, unique, non ramifié, garde l'aspect et la forme cylindrique des autres éléments du manche.

## Affinités du genre *Urophiala*

L'*Urophiala mycophila* diffère de tous les champignons connus. Le genre *Urobasidium* en représente, à notre avis, une forme réduite. Le *Zygosporium oscheoides* Montagne est trop imparfaitement connu pour nous permettre de préciser les affinités que nous lui soupçonnons avec les *Urophiala*. Nous ne toucherons pas au groupe éthologique des *Ustilaginées,* dont certains membres, tels que les *Urocystis,* ressemblent aux *Urophiala* par leurs phialides réunies aux chlamydospores par un tube généralement court. Les analogies sont peut-être l'effet d'une simple convergence due au parasitisme.

Si nous faisons abstraction des caractères particuliers de la prophialide : couleur et épaississement des membranes, continuité de la cavité et forme spéciale, nous retrouvons les caractères essentiels des Prophialidés dans le genre *Coemansia* van Tieghem. Chez le *Coemansia pectinata* Bainier, probablement identique au *Martensella pectinata* Coemans, l'appareil conidien semble de prime abord volumineux et compliqué ; mais, si nous nous arrêtons aux dernières branches de la fructification aérienne, nous y retrouvons, comme dans l'*Urophiala,* une prophialide fertile entre un manche et un segment terminal stériles. La prophialide a la forme d'une palette incurvée portant sur la face concave des phialides terminées par une spore unicellulaire. Les différences se bornent au cloisonnement de la prophialide en 7-11 cellules superposées, portant chacune 1-2 rangées de phialides. De plus les teintes fuligineuses font défaut, chez les *Coemansia,* sur les supports aussi bien que sur les phialides et les conidies.

Les caractères tirés de l'épaississement des membranes, du nombre restreint de conidies chez l'*Urophiala* indiquent une moindre aptitude à la dispersion rapide. L'*Urophiala* est le type simple dont le *Coemansia* est la forme composée. La condensation du sporophore est poussée à l'extrême chez le *Coronella nivea* Crouan 1867 (*Kichxella alabastrina* Coemans, *Coemansiella* Sacc.) où les prophialides semblables à celles du *Coemansia* sont rassemblées en un faux verticille rappelant un capitule. L'absence de manche et de phialides chez les *Coronella* résulte de la condensation de la fructification, comme les diverses réductions qui s'observent dans la calathide des Composées. Le genre *Coronella* est le terme supérieur de la série des complications liées à la dispersion abondante et rapide.

Ces trois genres sont les types d'autant de familles de Prophialidés : I. Urophialacées, II. Coemansiacées, III. Coronellacées.

Voici la diagnose de l'*Urophiala mycophila :*

***Urophiala*** Vuillemin nov. gen. (Étym : οὐρά, queue ; φιαλη, *phiala, phialide, conidiophorum basidiforme*).

*Mycelium repens subhyalinum ; hyphæ fertiles erectæ, obscure coloratæ, septatæ, simplices, tribus partibus constantes : 1° stipite continuo vel uni-septato ; 2° capite (seu prophiala) fusco, incurvato, tres, rarissime duas phialas sporiferas gerente ; 3° filamento apicali dilutius colorato. Phialæ stomachiformes apice curvato rostratæ, molles, mox evanescentes, rarius rigidiores. Conidia solitaria, acrogena, hyalina, rotunda vel oblonga, levia.*

*Urophiala mycophila* Vuillemin nov. spec.

*Mycelio effuso, repente, 1μ circiter crasso ; hypha fertili fuliginosa, 20-34μ alta ; stipite 4-17 × 2,5-4μ ; prophiala 9-11μ alta, 4 spissa, ad 7-7,5 lata, filamento apicali 6-8 × 1,75-2μ ; phiala subhyalina ascendente, 4 × 3-3,5 ; conidiis ovalibus, 5-7 × 4-5μ.*

*Hab. in subere inter mucedines. In vitro colitur in radice dauci.*

## CONCLUSION

Les détails dans lesquels nous sommes entré à propos d'une espèce nouvelle de chaque ordre de la classe des Conidiosporés indiquent la manière dont nous comprenons la systématique des Hyphales qui doivent être classés sans le secours des fructifications supérieures.

Tout d'abord nous mettons à part les Thallosporés et les Hémi-

sporés, chez lesquels les fonctions végétatives, conservatrices ou multiplicatrices ne sont pas séparées sur des organes rigoureusement distincts.

Parmi les Conidiosporés, dont les spores sont opposées au thalle dès l'origine, l'appareil conidien présente quatre degrés de complication. A partir de l'état inférieur où il est réduit à la conidie, nous trouvons un système de filaments intermédiaires entre le thalle et les conidies, et constituant des sporophores, puis une nouvelle différenciation indiquée par la présence de phialides, enfin un degré supérieur caractérisé par les prophialides intermédiaires entre le sporophore et la phialide. Les ordres des Sporotrichés, des Sporophorés, des Phialidés, des Prophialidés, répondent à ces quatre étapes de la différenciation de l'appareil conidien.

Nous appelons l'attention des botanistes descripteurs sur la nécessité de distinguer les conidies des portions de thalle adaptées aux mêmes fonctions, les sporophores des tubes mycéliens secondairement modifiés par leurs relations avec les spores, de noter la présence ou l'absence de phialides et de prophialides. Faute de ces distinctions primordiales, on a rapproché souvent dans un même genre des espèces qui rentrent dans des familles distinctes, et réciproquement on a séparé des formes revêtues par une même espèce suivant l'âge ou les circonstances.

Les différenciations auxquelles nous attachons une importance majeure ne sont pas à l'abri des réductions secondaires. La distinction cesse accidentellement d'être tranchée entre le sporophore et les filaments végétatifs, entre la phialide et les autres ramifications du sporophore. Ces exceptions sont rarement embarrassantes, quand on ne borne pas son examen à un échantillon incomplet ou développé dans des conditions défavorables. L'excès de complication de certains organes peut amener l'atrophie ou l'absence d'autres organes qu'ils remplacent avantageusement. Ainsi l'absence de phialides chez le *Coronella nivea* Crouan (*Kichxella alabastrina* Coemans, *Coemansiella alabastrina* Sacc.), qui présente avec le genre *Coemansia* des affinités manifestes, se trouve liée à la juxtaposition de prophialides disposées en couronne et protégeant les conidies logées dans leur concavité comme dans une corbeille. Il s'agit d'un type de Prophialidé où l'absence de phialides est secondaire et méritant la qualification d'Apophialidé.

Les trois ordres supérieurs comprennent des séries parallèles, dont les degrés correspondants ont souvent été compris dans la même famille ou dans la même tribu. Ces degrés, définis par l'absence de ramification de l'appareil conidien ou par les divers types de ramification, constitueront autant de groupes que nous convenons d'appeler familles. Chaque famille comprendra une première tribu à conidies simples (Amérosporées) et d'autres tribus fondées sur les complications diverses des conidies. La différenciation des membranes, cortiquées et fuligineuses, qui séparait les Dématiées des Mucédinées, les sporophores diffus, corémiés ou pulvinés qui distinguaient les Mucédinées, les Stilbellacées et les Tubercularlacées, parfois en confondant les filaments végétatifs avec les éléments de la fructification, n'interviendront que pour le sectionnement des tribus, quand ces caractères seront suffisamment fixés.

Dans l'ordre des Sporophorés, l'appareil conidien est simple dans la famille des Acrémoniacées, dont le genre *Acremonium* est un type amérosporé. Une famille parallèle sera constituée pour les genres de Phialidés où la fructification est réduite à une phialide. Cette condition semble surtout réalisée dans les fructifications serrées en coussinet. Les Prophialidés sont nécessairement ramifiés ; mais, si l'on considère comme un tout la prophialide avec les phialides qui en dépendent, on pourra fonder, à la base de l'ordre supérieur, autour du genre *Urophiala*, une famille des Urophialacées qui représente l'état le plus simple des Prophialidés.

Les cimes unipares ne réalisent pas chez les Conidiosporés un type compliqué de fructification. Dans le genre *Monopodium*, le sporophore simple, après avoir formé une conidie terminale à la façon des *Acremonium*, émet un sporophore adventif semblable à lui. Si son activité n'est pas épuisée, celui-ci produira de même un rameau adventif, et ainsi de suite. Nous avons une série de sporophores semblables procédant l'un de l'autre plutôt qu'un sporophore composé. Les *Monopodium* sont donc directement subordonnés aux Acrémoniacées amérosporées. De même, le *Stachybotrys alternans* est une espèce à phialophores sériés d'un genre voisin des *Periconia*.

Les cimes bipares sont plus hautement individualisées et pourront servir de base à des familles. La famille des Streptothricacées

ayant pour type le genre *Streptothrix* Corda (non rec. auct.) rentre dans les Sporophorés. Le genre *Gonytrichum* Nees sera le noyau d'une famille parallèle parmi les Phialidés, si les longs pédicelles qui portent les conidies ont bien la structure des phialides.

Nous trouvons la ramification en grappe dans la famille des Botrytidacées (type : *Botrytis cinerea* Pers. = *Botrytis vulgaris* Fr.) parmi les Sporophorés, dans la famille des Pénicilliacées parmi les Phialidés, dans la famille des Coemansiacées parmi les Prophialidés.

La famille des Verticilliacées ayant pour type le *Verticillium Candelabrum* Bonorden comprend les Phialidés à rameaux verticillés, à spores isolées (*Verticillium*), en chapelets (*Spicaria, Gibellula*), etc. On en séparera dans une famille nouvelle les Sporophorés verticillés.

Les Gonatobotrydacées avec les genres *Gonatobotrys, Nematogonium, Gonatorrhodiella, Gonatobotryum,* forment une famille de Sporophorés à renflements intercalaires chargés de spores.

Les renflements terminaux caractérisent la famille des Œdocéphalacées parmi les Sporophorés, la famille des Aspergillacées parmi les Phialidés, la famille des Coronellacées parmi les Prophialidés.

Ces exemples suffisent pour indiquer les tendances qui doivent être imprimées à la revision des Hyphales pour les disposer en un système plus rationnel que ceux dont nous disposons à présent. Cette réforme demandera un long travail. Nous ne nous flattons pas de l'espoir de la voir réalisée demain ; mais, pour faire progresser la science, il faut se garder de l'illusion de la voir achevée.

Nancy, imprimerie Berger-Levrault et Cie